

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-305978

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	7/007	9464-5D	G 1 1 B	
	7/09			B
	7/135			Z

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平8-141134

(22) 出願日 平成8年(1996)5月13日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 小林 誠司

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

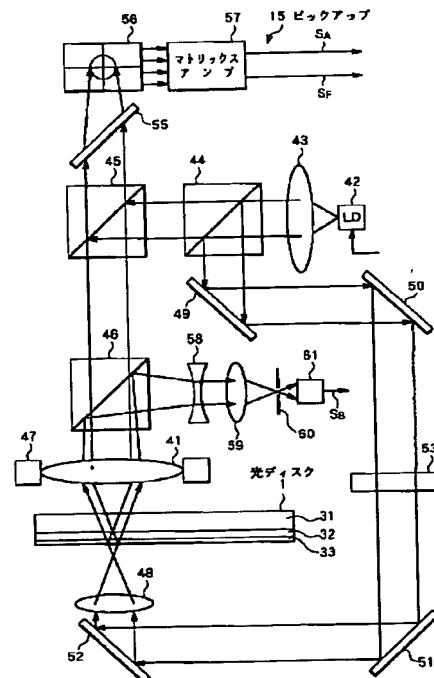
(74) 代理人 弁理士 藤島 洋一郎

(54) 【発明の名称】 光情報記録媒体、光情報再生装置および光情報記録装置

## (57) 【要約】

【課題】 ホログラフィを利用して情報を記録、再生する際の照射光の位置決めを精度良く行うことができるようにする。

【解決手段】 光ディスク1は基板31の一面に透明誘電体層32とホログラム材料層33を積層して構成され、基板31と透明誘電体層32の間には位置決め情報等に対応するエンボスビットが形成されている。記録時には光ディスク1の両面側から記録用照射光が照射される。第1の記録用照射光の収束点の位置はエンボスビット上であり、第2の記録用照射光の収束点の位置はホログラム材料層33の手前の位置である。ホログラム材料層33には2つの照射光の干渉パターンが記録される。再生時には、エンボスビット上で収束する光を照射すると、ホログラム材料層33より記録時における第2の記録用照射光と同じ特性を持つ情報再生光が発生する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 収束する再生用照射光の収束点に対応する位置に設けられた再生用照射光収束領域と、この再生用照射光収束領域と深さ方向について異なる位置に設けられ、前記再生用照射光が照射されたときに、前記再生用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する情報再生光を発生させるための情報記録領域とを備えたことを特徴とする光情報記録媒体。

【請求項2】 前記再生用照射光収束領域には、前記再生用照射光の位置決めのための情報を含む情報が記録されることを特徴とする請求項1記載の光情報記録媒体。

【請求項3】 前記情報記録領域には、前記再生用照射光の収束点と深さ方向について同じ位置に収束点を有する第1の記録用照射光とこの第1の記録用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する第2の記録用照射光との干渉によって得られる光の強度分布が記録されることを特徴とする請求項1記載の光情報記録媒体。

【請求項4】 前記情報記録領域は、互いに深さ方向について異なる位置に収束点を有する複数の情報再生光を発生させることを特徴とする請求項1記載の光情報記録媒体。

【請求項5】 前記情報記録領域には、前記再生用照射光が照射されたときに前記情報再生光を発生させる凹凸が形成されていることを特徴とする請求項1記載の光情報記録媒体。

【請求項6】 前記情報記録領域は、記録されている情報に従って空間的に強度変調された情報再生光を発生させることを特徴とする請求項1記載の光情報記録媒体。

【請求項7】 収束する再生用照射光の収束点に対応する位置に設けられた再生用照射光収束領域、およびこの再生用照射光収束領域と深さ方向について異なる位置に設けられ、再生用照射光が照射されたときに、再生用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する情報再生光を発生させるための情報記録領域を含む光情報記録媒体に対して、前記再生用照射光収束領域で収束する再生用照射光を照射する再生用照射光照射手段と、

この再生用照射光照射手段によって前記光情報記録媒体に対して再生用照射光を照射したときに得られる前記情報再生光を含む前記光情報記録媒体からの戻り光を検出して情報の再生を行う情報再生手段とを備えたことを特徴とする光情報再生装置。

【請求項8】 前記光情報記録媒体の再生用照射光収束領域には再生用照射光の位置決めのための情報を含む情報が記録され、前記情報再生手段は、前記光情報記録媒体からの戻り光より、前記情報再生光に基づく情報と前記再生用照射光収束領域に記録された情報とを再生することを特徴とする請求項7記載の光情報再生装置。

【請求項9】 前記再生用照射光照射手段と前記情報再

生手段は、再生用照射光を再生用照射光収束領域で収束させるために用いられると共に光情報記録媒体からの戻り光を受けるために用いられる共通の光学部材を有することを特徴とする請求項7記載の光情報再生装置。

【請求項10】 前記光情報記録媒体の情報記録領域は互いに深さ方向について異なる位置に収束点を有する複数の情報再生光を発生させ、前記情報再生手段は、複数の情報再生光のうちの一つを選択的に検出する選択手段を有することを特徴とする請求項7記載の光情報再生装置。

【請求項11】 前記光情報記録媒体の情報記録領域は記録されている情報に従って空間的に強度変調された情報再生光を発生させ、前記情報再生手段は、前記情報再生光の強度分布に基づいて情報の再生を行うことを特徴とする請求項7記載の光情報再生装置。

【請求項12】 収束する再生用照射光の収束点に対応する位置に設けられた再生用照射光収束領域、およびこの再生用照射光収束領域と深さ方向について異なる位置に設けられ、再生用照射光が照射されたときに、再生用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する情報再生光を発生させるための情報記録領域を含む光情報記録媒体に対して、前記再生用照射光の収束点と深さ方向について同じ位置に収束点を有する第1の記録用照射光とこの第1の記録用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する第2の記録用照射光とを照射する記録用照射光照射手段と、記録する情報に従って、前記記録用照射光照射手段によって照射される第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の少なくとも一方の強度を変調する変調手段とを備えたことを特徴とする光情報記録装置。

【請求項13】 前記記録用照射光照射手段は、第2の記録用照射光の収束点の位置を深さ方向について変更可能な収束点位置変更手段を有することを特徴とする請求項12記載の光情報記録装置。

【請求項14】 前記記録用照射光照射手段は、記録する情報に従って空間的に強度変調された第2の記録用照射光を照射することを特徴とする請求項12記載の光情報記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ホログラフィを利用して情報が記録される光情報記録媒体、この光情報記録媒体より情報を再生する光情報再生装置、および光情報記録媒体に情報を記録する光情報記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】これまで、ホログラフィを利用して光情報記録媒体に情報を記録するホログラフィック光メモリシステムとしては、例えば論文「George Barbastathis 他, "Holographic 3D disks using shift multiplexing", SPIE Proc. Optical Data Storage, 199

5年、V012514、第355～362ページ」に示されるようなシステムが多数提案されている。この論文に示された記録媒体では、記録される情報により変調を受けた物体光と呼ばれるレーザビームと、何も変調を受けていない参照光と呼ばれるレーザビームの2本のレーザビームを記録媒体上で干渉させ、その結果得られる干渉縞を記録するようになっている。

【0003】ここで、図15を参照して、上記論文に示されているシステムについて具体的に説明する。このシステムでは、入射レーザ光111が空間変調器101を通過し、その際、空間変調器101によって、記録される情報に従って入射レーザ光111の強度が空間的に変調される。この光は、レンズ102によって平行光線とされ、物体光103として記録媒体100に照射される。また、参照光105は、対物レンズ104によって発散光とされ、記録媒体100上の物体光103と同じ照射位置に照射される。このようにして、記録媒体100上に、情報が物体光103と参照光105による干渉縞として記録される。情報の再生時は、記録媒体100上に参照光105のみを照射する。これにより、記録媒体100より再生光106が発生し、この再生光106は、記録媒体100を挟んでレンズ102と対向する位置に配設されたレンズ107によって撮像素子108上に結像され、この撮像素子108によって情報が読み出される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】例えば図15に示したような従来のホログラフィック光メモリシステムでは、参照光が記録媒体上の一点に収束しないため、記録あるいは再生しようとする領域のかかなりの広い面積が参照光によって照射されることになる。例えば、最も良く使われる平行光線の参照光の場合には、直径1mm程度の平行光を記録媒体上に照射し、この光を使って情報を記録したり、あるいは既に記録されている情報を読み出したりにすることになる。

【0005】ところで、コンパクトディスク（以下、CDと記す。）に代表される一般的な光ディスクでは、1 $\mu$ m程度に読み取り光ビームを絞込むので、1 $\mu$ m以下の精度で読み取り光ビームの位置決めが可能となっている。しかし、上述のようにビーム径が1mmの光ビームを使うホログラフィック光メモリシステムでは、記録用あるいは再生用の参照光の位置決めを光学的に行おうとすると、やはりビーム径の1mm程度の精度でしか位置決めを行うことができない。そのため、記録媒体上で、記録エリアと記録エリアとの間隔を十分に取るが必要となり、結果として記録媒体全体の記録容量をあまり大きくすることができないという問題点があった。

【0006】また、例えば図15に示したような従来のホログラフィック光メモリシステムでは、再生時に、記録媒体に照射される参照光と、記録媒体から生じた再生

光が、別々の光学素子を通過するようになっている。これは、例えば図15に示したシステムにおいて、参照光105がレンズ104を通過した後に記録媒体100に到達するようになっているのに対し、再生光106はレンズ107を通過した後に撮像素子108によって受光されるようになっているのに対応する。このように、再生時に参照光と再生光が別々の光学素子を通過するような光学系では、別々の光学素子を配置する必要があることから、光学系全体が極めて大きくなり、実現性が乏しいという問題点があった。

【0007】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、ホログラフィを利用して情報が記録される光情報記録媒体であって、再生用照射光の位置決めを精度良く行うことができるようにして記録容量を大きくできるようにした光情報記録媒体を提供することにある。

【0008】本発明の第2の目的は、ホログラフィを利用して光情報記録媒体に記録された情報を再生する光情報再生装置であって、再生用照射光の位置決めを精度良く行うことができるようにした光情報再生装置を提供することにある。

【0009】本発明の第3の目的は、上記第2の目的に加え、光学系を小さく構成することができるようにした光情報再生装置を提供することにある。

【0010】本発明の第4の目的は、ホログラフィを利用して光情報記録媒体に情報を記録する光情報記録装置であって、記録用照射光の位置決めを精度良く行うことができるようにした光情報記録装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の光情報記録媒体は、収束する再生用照射光の収束点に対応する位置に設けられた再生用照射光収束領域と、この再生用照射光収束領域と深さ方向について異なる位置に設けられ、再生用照射光が照射されたときに、再生用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する情報再生光を発生させるための情報記録領域とを備えたものである。

【0012】また、本発明の光情報再生装置は、上記光情報記録媒体に対して、再生用照射光収束領域で収束する再生用照射光を照射する再生用照射光照射手段と、この再生用照射光照射手段によって光情報記録媒体に対して再生用照射光を照射したときに得られる情報再生光を含む光情報記録媒体からの戻り光を検出して情報の再生を行う情報再生手段とを備えたものである。

【0013】また、本発明の光情報記録装置は、上記光情報記録媒体に対して、再生用照射光の収束点と深さ方向について同じ位置に収束点を有する第1の記録用照射光とこの第1の記録用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する第2の記録用照射光とを

照射する記録用照射光照射手段と、記録する情報に従って、記録用照射光照射手段によって照射される第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の少なくとも一方の強度を変調する変調手段とを備えたものである。

【0014】本発明の光情報記録媒体では、情報記録領域に情報が記録されている場合、再生用照射光収束領域に収束点を有する再生用照射光が照射されると、情報記録領域より、再生用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する情報再生光が発生される。この光情報記録媒体では、再生用照射光収束領域に収束点を有する再生用照射光が照射されるので、再生用照射光収束領域において再生用照射光の径が小さくなる。そのため、再生用照射光収束領域で再生用照射光の位置決めを行うことで、再生用照射光の位置決めを精度良く行うことが可能となる。

【0015】また、本発明の光情報再生装置では、再生用照射光照射手段によって、光情報記録媒体に対して、再生用照射光収束領域で収束する再生用照射光が照射され、情報再生手段によって、再生用照射光照射手段によって光情報記録媒体に対して再生用照射光を照射したときに得られる情報再生光を含む光情報記録媒体からの戻り光が検出され情報の再生が行われる。

【0016】また、本発明の光情報記録装置では、記録用照射光照射手段によって、光情報記録媒体に対して、再生用照射光の収束点と深さ方向について同じ位置に収束点を有する第1の記録用照射光とこの第1の記録用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する第2の記録用照射光とが照射されると共に、変調手段によって、記録する情報に従って、記録用照射光照射手段によって照射される第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の少なくとも一方の強度が変調される。これにより、光情報記録媒体の情報記録領域に、情報が、第1の記録用照射光と第2の記録用照射光との干渉によって得られる光の強度分布として記録される。

【0017】なお、本発明において、収束点とは、結像光学系における物点、像点に相当し、収束光の場合はその収束光を構成する各光線が集まる点を言い、発散光の場合はその発散光を構成する各光線の延長線が集まる点を言う。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0019】図1は本発明の第1の実施の形態に係る光情報再生装置および光情報記録装置としての光情報記録再生装置10の構成を示すブロック図である。この光情報記録再生装置10は、本実施の形態に係る光情報記録媒体（以下、単に光ディスクと言う。）1が取り付けられるスピンドル11と、このスピンドル11を回転させるスピンドルモータ12と、光ディスク1の回転数を所定の値に保つようにスピンドルモータ12を制御するスピ

ドルサーボ回路13とを備えている。

【0020】光情報記録再生装置10は、更に、光ディスク1に対して再生用照射光と記録用照射光とを選択的に照射すると共に光ディスク1からの戻り光を検出するためのピックアップ15と、このピックアップ15を光ディスク1の半径方向に移動可能とする図示しない駆動装置と、ピックアップ15によって光ディスク1の所定の位置で記録、再生を行うことができるように、駆動装置を制御してピックアップ15を光ディスク1の半径方向に移動させるスライドサーボを行うと共に、ピックアップ15より照射される再生用照射光の収束点の位置を光ディスク1の深さ方向について調整するフォーカスサーボと再生用照射光を所定のトラックに追従させるトラッキングサーボを行うサーボ回路16とを備えている。

【0021】光情報記録再生装置10は、更に、例えば8ビット単位の記録データ $D_n$ に対して誤り訂正符号（以下、ECCとも記す。）を付加するECC付加回路17と、このECC付加回路17の出力データを1ビット単位の信号に変換するデータ変換回路18と、このデータ変換回路18の出力信号に基づいて、ピックアップ15内に設けられた後述する半導体レーザの出力を増大させるための記録パルス生成回路19と、半導体レーザの出力を適切な読み取りパワーとなるように制御するためレーザパワーコントロール回路20と、記録パルス生成回路19の出力とレーザパワーコントロール回路20の出力の一方を選択してピックアップ15内の半導体レーザに供給するデータセクタ21とを備えている。

【0022】後述するように、ピックアップ15からは2種類の再生信号（以下、再生信号 $S_A$ と再生信号 $S_B$ と言う。）と、フォーカスエラー信号 $S_F$ とが出力されるようになっている。再生信号 $S_A$ は、光ディスク1において後述するエンボスビットとして記録された情報に基づく信号である。なお、エンボスビットとして記録される情報は、ディスク1内の位置情報や記録用照射光の位置決めのための情報等である。一方、再生信号 $S_B$ は、光ディスク1において後述するホログラム材料層にホログラフィを利用して記録された情報に基づく信号である。フォーカスエラー信号 $S_F$ および再生信号 $S_A$ はサーボ回路16に入力され、サーボ回路16はフォーカスエラー信号 $S_F$ に基づいてフォーカスサーボを行い、再生信号 $S_A$ に基づいてトラッキングサーボを行うようになっている。

【0023】光情報記録再生装置10は、更に、ピックアップ15より出力される再生信号 $S_A$ を入力し、光ディスク1の回転に同期した基本クロックの再生を行う位相同期ループ（以下、PLLと記す。）回路22と、このPLL回路22から出力される基本クロックに基づいてデータセクタ21を切り換えるタイミングコントローラ23とを備えている。なお、PLL回路22から出

力される基本クロックは、タイミングコントローラ23の他にも、光情報記録再生装置10内において基本クロックを必要とする回路に供給されるようになっている。

【0024】光情報記録再生装置10は、更に、ピックアップ15より出力される再生信号 $S_A$ と再生信号 $S_B$ の一方を選択して出力する切り換えスイッチ24と、この切り換えスイッチ24の出力を入力し、周波数特性の補償を行うイコライザ25と、このイコライザ25の出力信号を2値データに復号する2値復号回路26と、この2値復号回路26の出力データを8ビット単位のデータに変換する8ビット変換回路27と、この8ビット変換回路27の出力データを入力し、誤り訂正を行って、再生データ $D_R$ を出力するECC復号回路28と、切り換えスイッチ24の制御の他、光情報記録再生装置10の全体を制御するコントローラ29とを備えている。

【0025】次に、図2ないし図4を参照して、本実施の形態に係る光ディスク1の構成について説明する。図2は光ディスク1の断面構成を示したものである。この図に示したように、光ディスク1は、例えばポリカーボネートによって形成された円板状の基板31の一面に、基板31とは屈折率が異なる例えば窒化シリコンからなる透明誘電体層32と、ホログラフィを利用して情報が記録されるホログラム材料層33とを、この順番で積層して構成されている。基板31は、例えば射出成形法によって形成され、基板31の透明誘電体層32側の面には、通常のCD等と同様に、射出成形装置によって、所定の情報に対応するエンボスピット34が予め転写、形成されている。透明誘電体層32は例えば真空蒸着法やスパッタリング法によって形成される。ホログラム材料層33は例えばスピコート法によってホログラム材料を塗布して形成される。ホログラム材料層33の厚みは、例えば10～40 $\mu$ m程度である。ホログラム材料は、光が照射されたときに光の強度に応じて屈折率、誘電率、反射率等の光学的特性が変化する材料であり、例えば、デュボン社からホログラム材料として発表されている材料（「W.K.Smothers他，“Photopolymers for holography”，Practical Holography IV，SPIE/OE/Laser Conference Proceedings，1212-03，Los Angeles，CA，Jan. 第14～19ページ、1990年」参照）を用いることができる。エンボスピット34が形成されている基板31と透明誘電体層32の境界面が、本発明における再生用照射光収束領域に対応し、ホログラム材料層33が本発明における情報記録領域に対応する。なお、ホログラム材料層33の上に、透明な保護膜を形成しても良い。このような構成の光ディスク1に対して情報を記録あるいは光ディスク1から情報を再生する際には、ピックアップ15内の対物レンズ41を通過した光線が使用される。

【0026】図3および図4は光ディスク1におけるエンボスピット34を平面的に説明するための説明図であ

る。図3(a)および図4(b)は共に、光ディスク1全体におけるエンボスピット34の配置を示したものである。これらの図に示したように、光ディスク1には、それぞれ半径方向に線状に延び、光ディスク1の全周にわたって放射状に配列された多数のサーボ情報部35と、それぞれ半径方向に線状に延び、光ディスク1の全周における例えば2箇所形成されたアドレス情報部36とが設けられている。これらサーボ情報部35とアドレス情報部36には、それぞれエンボスピット34によって所定の情報が記録されている。隣り合うサーボ情報部35間の扇形の区間には、必要があれば、ユーザデータ等の情報がエンボスピット34によって記録される。図では簡略化して表しているが、サーボ情報部35は光ディスク1の全周にわたって例えば1400本程度設けられる。アドレス情報部36が2箇所に設けられているのは、光ディスク1上の欠陥等の影響で、万が一、一方が読み取り不能になっても、残った他方から正しいアドレスを再生できるようにするためである。

【0027】図3(b)は、サーボ情報部35を拡大して示したものである。この図に示したように、サーボ情報部35には、1トラックにつき、3個のエンボスピット34からなるビット35a、35b、35cが略トラック37の方向に沿って設けられている。両側のビット35a、35cは、トラック37の中心から互いに反対方向にオフセットした位置に形成されており、これらの2つのビット35a、35cに対応する再生信号 $S_A$ の振幅が等しくなるように対物レンズ41を動かすことで、トラッキングサーボが行われるようになっている。中央のビット35bは、トラック37の中心に配置され、PLL回路22が光ディスク1の回転に同期した基本クロックを生成するために使用される。

【0028】図4(b)は、アドレス情報部36を拡大して示したものである。この図に示したように、アドレス情報部36には、各トラック37の中心に沿って、複数のエンボスピット34からなるビット列が設けられている。このビット列には、アドレス情報として、トラック番号を特定できるようなトラック情報が埋め込まれている。

【0029】上記トラック情報のフォーマットとしては種々のものが知られているが、最も簡単な例を図5に示す。このフォーマットは、先頭から順に設けられた、キャリア信号(CAR)領域38a、アドレスマーク(AM)領域38b、セクタ情報(SEC)領域38c、アドレス情報(ADR)領域38d、パリティ(PARITY)領域38eで構成されている。キャリア信号領域38aには、一定周期でビットが繰り返し記録されている。このキャリア信号領域38aから、再生信号を2値化するためのスレッシュホールドレベルが検出される。アドレスマーク領域38bには、他のデータ部分には存在しないような長いサイズのビットが記録されている。

光情報記録再生装置10を含むシステムは、このアドレスマーク領域38bを検出することで、アドレスのある部分と、その他のユーザデータが記録されている部分とを区別することができる。また、アドレスマーク領域38bは、引き続き記録されている信号のスタートを知らせる意味も兼ねている。セクタ情報領域38cに記録されているセクタ情報は、本実施の形態では、2つあるトラック情報のうちのどちら側を読み出しているかを表すものである。アドレス情報領域38dに記録されているアドレス情報は、16ビットの2進数でトラックのアドレスを表している。パリティ領域38eに記録されているパリティは、セクタ情報およびアドレス情報に対して、例えばCRC(巡回冗長検査)符号として知られる符号を演算した結果得られたものである。万が一、セクタ情報またはアドレス情報を記録した部分に光ディスク1上の欠陥が発生しても、このパリティを使って誤りの発生を検出することが可能となる。なお、以上のような信号を復号するための装置は、フロッピーディスク装置等でも一般に使われているので説明を省略する。

【0030】次に、図6を参照してピックアップ15の構成について説明する。ピックアップ15は、スピンドル11に光ディスク1が固定されたときに、光ディスク1の基板31側に対向する対物レンズ41と、レーザ光を射出する半導体レーザ42と、半導体レーザ42と対物レンズ41との間に半導体レーザ42側より順に配設されたコリメータレンズ43、ビームスプリッタ44、45、46を備えている。半導体レーザ42から出射されたレーザ光は、コリメータレンズ43によって平行光線とされ、ビームスプリッタ44に入射し、一部は、ビームスプリッタ44を透過し、ビームスプリッタ45で反射され、ビームスプリッタ46を透過し、対物レンズ41で集光されて光ディスク1に照射されるようになっている。光ディスク1からの戻り光は、対物レンズ41を通過し、ビームスプリッタ46に入射し、一部はビームスプリッタ46を透過し、一部はビームスプリッタ46で反射されるようになっている。ピックアップ15は、更に、対物レンズ41より光ディスク1に照射される光の収束点の位置を光ディスク1の深さ方向および半径方向に移動できるように対物レンズ41の位置を制御可能なアクチュエータ47を備えている。このアクチュエータ47は、図1におけるサーボ回路16によって制御されるようになっている。

【0031】ピックアップ15は、更に、光ディスク1を挟んで対物レンズ41に対向するように配設された凸レンズ48と、半導体レーザ42から出射されビームスプリッタ44で反射されたレーザ光を凸レンズ48の光ディスク1とは反対側の面に導くミラー49、50、51、52と、ミラー50、51間に配設されたシャッタ53とを備えている。凸レンズ48は、ミラー49～52によって導かれたレーザ光を、凸レンズ48側におけ

る光ディスク1の手前(外部)の所定の位置に収束させるようになっている。シャッタ53は、図1におけるコントローラ29によって制御されるようになっている。

【0032】ピックアップ15は、更に、光ディスク1からの戻り光のうちビームスプリッタ46を透過し、ビームスプリッタ45を透過した光の光路上に配設されたシリンドリカルレンズ55と、このシリンドリカルレンズ55を通過した光を受光する4分割光検出器56と、この4分割光検出器56の4つの受光部の各出力信号を用いた演算を行って再生信号 $S_A$ とフォーカスエラー信号 $S_F$ を出力するマトリックスアンプ57とを備えている。

【0033】ピックアップ15は、更に、光ディスク1からの戻り光のうちビームスプリッタ46で反射された光の光路上に、ビームスプリッタ46側より順に配設された凹レンズ58、集光レンズ59、ピンホール部材60および光検出器61を備えている。凹レンズ58は、光ディスク1からの戻り光のうち、ホログラム材料層33から発生される後述する情報再生光を平行光線にし、集光レンズ59は、この平行光線をピンホール部材60のピンホールで焦点を結ぶように集光するようになっている。光検出器61は、ピンホール部材60のピンホールを通過した光を受光し、電気信号に変換して再生信号 $S_B$ を出力するようになっている。

【0034】次に、本実施の形態に係る光情報記録再生装置10の動作と光ディスク1の作用について説明する。

【0035】まず、光ディスク1に情報を記録する場合の光情報記録再生装置10の動作と光ディスク1の作用について説明する。光ディスク1はスピンドル11に固定され、スピンドルサーボ回路13によって規定の回転数を保つように制御されて、スピンドルモータ12によって回転される。始めに、データセクタ21は、レーザパワーコントロール回路20の出力をピックアップ15の半導体レーザ42に供給している。レーザパワーコントロール回路20は、半導体レーザ42の出力を適切な読み取りパワーとなるように制御する。

【0036】半導体レーザ42から出射されたレーザ光は、コリメータレンズ43によって平行光線とされ、ビームスプリッタ44に入射し、一部は、ビームスプリッタ44を透過し、ビームスプリッタ45で反射され、ビームスプリッタ46を透過し、対物レンズ41で集光されて光ディスク1に照射される。この照射光の収束点の位置は、基板31と透明誘電体層32との境界すなわちエンボスピット34が形成されている位置である。基板31と透明誘電体層32は屈折率が異なるため、光ディスク1に照射された光は基板31と透明誘電体層32との境界で反射され、その際、エンボスピット列によって強度変調を受け、戻り光として対物レンズ41に入射する。この戻り光は対物レンズ41で平行光線となり、ビ

ームスプリッタ46、45を透過し、シリンドリカルレンズ55によって、非点収差法によってフォーカスエラー信号が得られるように進行方向に対して直交する2方向で互いに焦点距離が異なるように収束されて4分割光検出器56に入射し、電気信号に変換される。マトリックスアンプ57は、4分割光検出器56の4つの受光部の各出力信号を用いた演算を行って、エンボスピット34によって記録された情報を表す再生信号 $S_A$ と、照射光の収束点の理想位置からのずれを表すフォーカスエラー信号 $S_F$ とを出力する。

【0037】再生信号 $S_A$ は図1におけるPLL回路22とサーボ回路16に入力され、フォーカスエラー信号 $S_F$ はサーボ回路16に入力される。PLL回路22は再生信号 $S_A$ に基づいて、エンボスピット34に同期し、記録マークの繰返し周波数に一致する周波数の基本クロックを再生する。サーボ回路16は、フォーカスエラー信号 $S_F$ に基づいてフォーカスサーボを行うと共に、再生信号 $S_A$ に基づいてトラッキングサーボを行う。なお、再生信号 $S_A$ は、図3(b)に示したビット35bに対応する大きい振幅の部分の前後にビット35a、35cに対応する小さい振幅の部分がある波形であり、ビット35a、35cに対応する部分の振幅が等しくなるように対物レンズ41を移動させることでトラッキングサーボが行われる。

【0038】光ディスク1において、エンボスピット34によってトラック情報やクロック情報等の固定パターンが記録されている領域であるサーボ情報部35とアドレス情報部36(以下、これらをサーボエリアと言う。)は、周期的に設けられている。図1におけるタイミングコントローラ23は、PLL回路22からのクロックを数えることにより、次のサーボエリアが現れるタイミングを推測し、照射光がサーボエリアを通過する間、レーザパワーコントロール回路20の出力が半導体レーザ42に入力されるように、照射光がサーボエリアを通過する前後のタイミングでデータセクタ21を切り換える。これにより、照射光がサーボエリアを通過する間、半導体レーザ42の出力は、レーザパワーコントロール回路20によって適切な読み取りパワーとなるように制御される。読み取りパワーは、一般的に記録パワーの10分の1程度の弱いパワーである。

【0039】光ディスク1におけるサーボエリア以外の領域にはデータが記録される。このため、タイミングコントローラ23は、照射光がサーボエリア以外の領域を通過する間、データセクタ21を記録パルス生成回路19側に切り換える。これにより、照射光がサーボエリア以外の領域を通過する間、記録パルス生成回路19から出力される記録パルスが半導体レーザ42に入力され、この記録パルスに従って、半導体レーザ42から出射されるレーザ光の強度が変調される。記録パルス生成回路19から記録パルスが出力されたときには、半導体

レーザ42の出力は読み取りパワーの10倍程度の記録パワーに高められ、この記録パワーの照射光によって光ディスク1のホログラム材料層33に情報が記録される。なお、読み取りパワーは例えば1mW程度、記録パワーは例えば15mW程度とする。ホログラム材料層33に記録される情報となる例えば8ビット単位の記録データ $D_n$ は、ECC付加回路17によって誤り訂正符号(ECC)が付加され、データ変換回路18によって1ビット単位の信号に変換され、この信号に基づいて記録パルス生成回路19によって記録パルスが生成され、この記録パルスが半導体レーザ42に入力される。

【0040】情報記録時において、半導体レーザ42から出射され、コリメータレンズ43で平行光線とされたレーザ光の一部は、前述のように、ビームスプリッタ44、45、46および対物レンズ41を経て、基板31側より、第1の記録用照射光として光ディスク1に照射される。半導体レーザ42から出射され、コリメータレンズ43で平行光線とされたレーザ光の他の一部は、ビームスプリッタ44で反射され、ミラー50〜52および凸レンズ48を経て、ホログラム材料層33側より、第2の記録用照射光として光ディスク1に照射される。

【0041】図7は、上述の第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の関係を示したものである。図中、符号63は第1の記録用照射光、64は第2の記録用照射光を表している。第1の記録用照射光63の収束点65の位置は、再生用照射光の収束点の位置と同じく基板31と透明誘電体層32との境界すなわちエンボスピット34が形成されている位置である。一方、第2の記録用照射光64の収束点66の位置は、収束点65の位置とは光ディスク1の深さ方向について異なる位置であり、光ディスク1の外部であって、ホログラム材料層33の手前の位置である。第1の記録用照射光63も第2の記録用照射光64も、それぞれの収束点65、66から先は発散光となる。ここで、図7において第1の記録用照射光63の外縁と第2の記録用照射光64の外縁とが交差する点を点67、68とすると、点67、68と収束点65、66で囲まれる菱形の領域(空間的には2つの円錐の底辺同士を合わせた形の領域)69では、第1の記録用照射光63と第2の記録用照射光64が互いに干渉している。この領域69では、これら2つの光の干渉の結果、光の強度分布は様ではなく、例えば図8に示したような干渉パターンとなっている。ホログラム材料層33はこの領域69内に位置するので、記録パルスに応じて半導体レーザ42の出力が記録パワーとなったときに、ホログラム材料層33には図8に示したような干渉パターンが次々と記録されていく。なお、半導体レーザ42の出力が読み取りパワーのときには、パワーが十分小さいので、ホログラム材料層33には図8に示したような干渉パターンは記録されないか、あるいはコントラストが非常に小さい状態で記録され、記録パワー時に記



録される干渉パターンとは強度分布上、明確に区別される。

【0042】このようにしてホログラム材料層33への情報の記録が終了したら、必要があれば、光ディスク1の全面に所定の強度の紫外線が所定時間照射され、ホログラム材料層33に記録された干渉パターンの全てが定着される。

【0043】次に、このようにして光ディスク1のホログラム材料層33に記録された情報を再生する場合の光情報記録再生装置10の動作と光ディスク1の作用について、図9を参照して説明する。図9は、図6に示したピックアップ15の構成のうち、情報の再生に必要な部分を示したものである。情報の再生時には、シャッタ53は閉じられ、光ディスク1に対して凸レンズ48側からの照射光はない。タイミングコントローラ23は、常に、レーザパワーコントロール回路20の出力が半導体レーザ42に入力されるようにデータセクタ21を設定する。これにより、半導体レーザ42の出力は、レーザパワーコントロール回路20によって、常に適切な読み取りパワーとなるように制御される。光ディスク1の回転数を制御し、エンボスピット34によって記録された情報を再生し、基本クロックを再生し、フォーカスエラー信号 $S_F$ に基づいてフォーカスサーボを行い、再生信号 $S_A$ に基づいてトラッキングサーボを行うことは、情報の記録時と同様である。

【0044】半導体レーザ42から出射された読み取りパワーのレーザ光は、コリメータレンズ43によって平行光線とされ、ビームスプリッタ44に入射し、一部は、ビームスプリッタ44を透過し、ビームスプリッタ45で反射され、ビームスプリッタ46を透過し、対物レンズ41で集光されて、再生用照射光として光ディスク1に照射される。この再生用照射光の収束点の位置は、基板31と透明誘電体層32との境界すなわちエンボスピット34が形成されている位置である。この再生用照射光は、ホログラム材料層33では、第1の記録用照射光63と同様に発散光となっている。ここで、ホログラム材料層33のうち、図8に示したような干渉パターンが記録されている部分に再生用照射光が照射されると、ホログラム材料層33からは、情報の記録時における第2の記録用照射光64と同じ特性を持ち、同じ方向に向かう光波、すなわち情報再生光が発生する。この情報再生光は、対物レンズ41に入射し、一部がビームスプリッタ46で反射され、凹レンズ58によって平行光線とされ、集光レンズ59によってピンホール部材60のピンホールで焦点を結ぶように集光されて、このピンホールを通過して、光検出器61によって電気信号に変換され、光検出器61より再生信号 $S_B$ が出力される。

【0045】なお、ピンホール部材60には、再生用照射光が基板31と透明誘電体層32との境界で反射して発生した戻り光も入射する。しかし、この戻り光は、凹

レンズ58によって発散光となるため、ピンホール部材60のピンホール上で収束することではなく、そのほとんどはピンホール部材60によって遮断され、光検出器61に到達しない。

【0046】このようにして、光ディスク1のホログラム材料層33に記録された情報のみが再生信号 $S_B$ として、エンボスピット34によって記録された情報とは独立に再生される。

【0047】再生信号 $S_B$ より再生データ $D_R$ を得るには、再生信号 $S_B$ がイコライザ25に入力されるように切り換えスイッチ24を切り換える。再生信号 $S_B$ は、イコライザ25によって周波数特性の補償が行われて、前後に離れた記録情報からの符号間干渉が除去され、2値復号回路26によって再生信号 $S_B$ の振幅に従って2値データに復号され、8ビット変換回路27によって8ビット単位のデータに変換され、最後にECC復号回路28によって誤り訂正が行われ、光ディスク1上に存在している欠陥等の影響が除去されて、再生データ $D_R$ が出力される。

【0048】なお、前述のように光ディスク1のサーボ情報部35間の扇形の区間には、ユーザデータ等の情報をエンボスピット34によって記録することができるが、このようにして記録された情報を読み出す場合には、再生信号 $S_A$ がイコライザ25に入力されるように切り換えスイッチ24を切り換える。これにより、エンボスピット34によって記録された情報に基づいて再生データ $D_R$ を得ることができる。なお、図1では、イコライザ25、2値復号回路26、8ビット変換回路27およびECC復号回路28を1組だけ設けて、切り換えスイッチ24によって再生信号 $S_A$ と再生信号 $S_B$ の一方を選択的にイコライザ25に入力するようにしたが、切り換えスイッチ24を設けずに、再生信号 $S_A$ と再生信号 $S_B$ のそれぞれについてイコライザ25、2値復号回路26、8ビット変換回路27およびECC復号回路28を設け、再生信号 $S_A$ による再生データと再生信号 $S_B$ による再生データとが同時に得られるようにしても良い。

【0049】また、本実施の形態では、情報の記録と再生の双方を行うことのできる光情報記録再生装置10の例を挙げたが、図9に示したように記録用の光学系を除いたピックアップを用いて再生専用の光情報再生装置を構成しても良い。

【0050】以上説明したように、本実施の形態に係る光ディスク1および光情報記録再生装置10では、収束する再生用照射光の収束点に対応する位置に設けられた再生用照射光収束領域（基板31と透明誘電体層32の境界面）とホログラフィを利用して情報が記録される情報記録領域としてのホログラム材料層33とを有する光ディスク1を用い、再生用照射光収束領域上に収束点を有する再生用照射光を光ディスク1に照射すると、ホロ



グラム材料層33より、再生用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する情報再生光が発生されるようにしている。従って、再生用照射光収束領域において再生用照射光の径が小さくなり、再生用照射光収束領域に、例えばエンボスピット34によって再生用照射光の位置決めのための情報を記録することで、再生用照射光の位置決めを精度良く行うことが可能となり、その結果、記録情報間の間隔を十分に小さくすることが可能となり、記録容量の大きい光情報記録媒体を実現することができる。また、情報の記録時にも、エンボスピット34によって記録された情報を用いて第1の記録用照射光の位置決めを行うので、第1の記録用照射光の位置決めを精度良く行うことが可能となる。

【0051】なお、エンボスピット34による情報とホログラム材料層33に記録された情報との干渉を防止するために、再生用照射光および第1の記録用照射光の収束点の位置と、情報再生光および第2の記録用照射光の収束点の位置は、ピックアップ15の光学系で定まる焦点深度以上に離れていることが望ましい。

【0052】なお、焦点深度とは、像点の広がり許容できる値以下となる範囲(距離)、簡単に言うと焦点が略合っているとみなせる範囲(距離)を言う。焦点深度 $Z$ は例えば次式で表される(G Bouwhuis他, "Principles of Optical Disc Systems", Adam Hilger Ltd, 第195ページ参照)。ただし、 $(NA)$ は集光レンズの開口数、 $\lambda$ は光源の波長である。

【0053】

$$\text{【数1】 } Z = \pm \lambda / \{2 (NA)^2\}$$

【0054】また、本実施の形態では、再生用照射光と光ディスク1からの戻り光が共通の光学部材である対物レンズ41を通過するようにしたので、図9に示したように記録用の光学系を除いたピックアップを用いて再生専用の光情報再生装置を構成した場合、ピックアップの光学系を小さく構成することができ、その結果、光情報再生装置の小型化が可能となる。

【0055】なお、本実施の形態では、記録時に、半導体レーザ42の出力を変化させて第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の双方の強度を変調するようにしたが、シャッタ等を用いて、第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の一方の強度を変調するようにしても良い。

【0056】次に、図10を参照して、本発明の第2の実施の形態について説明する。本実施の形態に係る光情報記録再生装置10では、図6に示したピックアップ15の代わりに、図10に示した構成のピックアップ70を用いている。このピックアップ70は、例えばステップモータを用いてピックアップ15における凸レンズ48を光軸方向に移動可能とするアクチュエータ71と、同様に例えばステップモータを用いてピックアップ15における凹レンズ58を光軸方向に移動可能とするアク

チュエータ72とを設けたものであり、その他の構成は、ピックアップ15と同様である。アクチュエータ71、72は、図1におけるコントローラ29によって制御されるようになっている。

【0057】次に、本実施の形態に係る光情報記録再生装置10の動作について説明する。本実施の形態に係る光情報記録再生装置10では、アクチュエータ71によって凸レンズ48を光軸方向に移動させると、第2の記録用照射光の収束点が光ディスク1の深さ方向に移動する。従って、アクチュエータ71によって凸レンズ48を光軸方向に移動させて第2の記録用照射光の収束点の位置を変えて、各位置毎に異なる情報をホログラム材料層33に多重記録することができる。

【0058】このように多重記録された情報の再生は、次のようにして行う。ホログラム材料層33に情報が多重記録された光ディスク1に第1の実施の形態と同様に再生用照射光を照射すると、ホログラム材料層33からは、それぞれ情報記録時における第2の記録用照射光の収束点と同じ位置に収束点を有する複数の情報再生光が発生する。この複数の情報再生光は、対物レンズ41、ビームスプリッタ46、凹レンズ58および集光レンズ59を経て、互いに異なる位置で収束する。一方、アクチュエータ72によって凹レンズ58を光軸方向に移動させると、各情報再生光の収束点の位置が光軸方向に移動する。そこで、複数の情報再生光のうちの一つが選択的にピンホール部材60のピンホール上で収束するように、アクチュエータ72によって凹レンズ58を光軸方向に移動させることによって、複数の情報再生光のうちの一つを選択的に光検出器61に到達させ、その情報再生光に対応する再生信号 $S_R$ を得ることができる。

【0059】なお、ホログラム材料層33に情報を多重記録する場合、各情報間の干渉を防止するために、各情報毎の記録用照射光の収束点の位置は、互いに、ピックアップ70の光学系で定まる焦点深度以上に離れていることが望ましい。

【0060】このように本実施の形態によれば、ホログラム材料層33に情報を多重記録することができるので、光ディスク1の記録容量を増大させることができる。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は第1の実施の形態と同様である。

【0061】次に、図11を参照して、本発明の第3の実施の形態について説明する。図11は、本実施の形態に係る光ディスクの断面構成を示したものである。本実施の形態に係る光ディスク80は、第1の実施の形態に係る光ディスク1においてホログラム材料層33に記録されていた情報をエンボスピットによって記録したものである。光ディスク80は、例えばポリカーボネートによって形成された基板81の一面に、基板31とは屈折率が異なる例えば窒化シリコンからなる透明誘電体層82と、フォトレジスト層83と、例えばアルミニウムか

らなる反射層84とを、この順番で形成して構成されている。基板81は、例えば射出成形法によって形成され、基板81の透明誘電体層82側の面には、第1の実施の形態に係る光ディスク1と同様に、所定の情報に対応するエンボスピット85が予め形成されている。更に、フォトレジスト層83と反射層84との境界にも、他の所定の情報に対応するエンボスピット86が予め形成されている。このエンボスピット86は、再生用照射光が照射されたときに、第1の実施の形態に係る光ディスク1のホログラム材料層33に図8に示したような干渉パターンが空間的に多重露光された場合と同様の光学的効果を生じるように予め計算機等によって計算されたパターンに従って形成されている。エンボスピット86は、例えば、透明誘電体層82上にフォトレジストを塗布した後、上述のように計算機等によって計算された所定のパターンを露光し、現像処理することでフォトレジスト層83上に形成することができる。あるいは、フォトレジスト層83の代わりに紫外線硬化樹脂層を用い、透明誘電体層82とエンボスピット86転写用のスタンプとの間に紫外線硬化樹脂を充填し、紫外線を照射して紫外線硬化樹脂を硬化させてエンボスピット86を形成するようにしても良い。反射層84は例えば真空蒸着法やスパッタリング法によって形成される。このようにして作製された本実施の形態に係る光ディスク80は、読み取り専用型の光情報記録媒体となる。本実施の形態に係る光ディスク80から情報を再生する方法は、第1の実施の形態と同様である。

【0062】本実施の形態に係る光ディスク80によれば、2つの層に記録されるいずれの情報もエンボスピットによって記録されているので、射出成形装置等を用いて光ディスク80を大量に生産することが可能となる。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、情報の記録の動作、作用を除き、第1の実施の形態と同様である。

【0063】次に、図12ないし図14を参照して、本発明の第4の実施の形態について説明する。本実施の形態は、記録する情報に従って空間的に強度変調された第2の記録用照射光を用いて、第1の実施の形態に係る光ディスク1のホログラム材料層33に対して情報を記録するようにしたものである。本実施の形態に係る光情報記録再生装置では、図6に示したピックアップ15におけるシャッタ53の代わりに、図12に示したような4分割のシャッタ91を設けている。このシャッタ91はそれぞれ正方形の4つの領域91a~91dを有し、各領域91a~91d毎に独立に透過状態と遮光状態とを選択できるようになっている。このシャッタ91は例えば液晶デバイスを用いて構成することができる。

【0064】また、本実施の形態に係る光情報記録再生装置では、図6に示した光検出器61の代わりに図13に示したような4分割光検出器92を設けている。この

4分割光検出器92はそれぞれ正方形の4つの受光部92a~92dを有している。各受光部92a~92d毎の出力信号は、マルチプレクサ93によって順次選択され、時系列的に再生信号S<sub>B</sub>として出力されるようになっている。

【0065】図14は、本実施の形態に係る光情報記録再生装置の構成を示すブロック図である。本実施の形態に係る光情報記録再生装置95は、図1に示した光情報記録再生装置1において、新たに、半導体レーザ42の出力を適切な記録パワーとなるように制御するためレーザパワーコントロール回路96を備え、データセクタ21は、レーザパワーコントロール回路20の出力とレーザパワーコントロール回路96の出力の一方を選択して半導体レーザ42に供給するようになっている。また、光情報記録再生装置95は、図1に示した光情報記録再生装置1における記録パルス生成回路19の代わりに、シャッタ91を駆動するシャッタ駆動回路97を備えている。本実施の形態において、データ変換回路18は、ECC付加回路18の出力データを4ビット単位のデータに変換し、シャッタ駆動回路97はデータ変換回路18から出力される4ビット単位のデータに基づいて、データの内容に応じてシャッタ91を通過する光の空間強度分布が異なることとなるように、シャッタ91の4つの領域91a~91dを制御するようになっている。

【0066】次に、本実施の形態に係る光情報記録再生装置95の動作について説明する。まず、光ディスク1に情報を記録するときには、タイミングコントローラ23は、照射光がサーボエリア以外の領域を通過する間、データセクタ21をレーザパワーコントロール回路96側に切り換える。これにより、照射光がサーボエリア以外の領域を通過する間、半導体レーザ42の出力は適切な記録パワーとなるように制御される。記録データD<sub>w</sub>は、ECC付加回路17によって誤り訂正符号が付加され、データ変換回路18によって4ビット単位のデータに変換され、このデータに基づいてシャッタ制御回路97によって、シャッタ91の4つの領域91a~91dが制御され、その結果、4ビットのデータの内容に応じてシャッタ91を通過するレーザ光が空間的に強度変調される。このように強度変調されたレーザ光は、第1の実施の形態と同様に第2の記録用照射光として光ディスク1に照射され、第1の記録用照射光との干渉によって生じる干渉パターンがホログラム材料層33に記録される。このように、本実施の形態では、4ビット単位のデータを1つの干渉パターンによってホログラム材料層33に記録することができる。

【0067】光ディスク1から情報を再生する場合には、コントローラ29がシャッタ駆動回路97を制御することによって、シャッタ91の4つの領域91a~91dは全て閉じられる。タイミングコントローラ23

は、常に、レーザパワーコントロール回路20の出力が半導体レーザ42に入力されるようにデータセクタ21を設定する。これにより、半導体レーザ42の出力は、レーザパワーコントロール回路20によって、常に適切な読み取りパワーとなるように制御される。半導体レーザ42から出射された読み取りパワーのレーザ光は、対物レンズ41より再生用照射光として光ディスク1に照射される。この再生用照射光が照射されると、ホログラム材料層33からは、情報の記録時における第2の記録用照射光と同じ特性を持ち、同じ方向に向かう光波、すなわち情報再生光が発生する。本実施の形態において、この情報再生光は、記録時における第2の記録用照射光と同じように空間的に強度変調された光となる。この情報再生光は、対物レンズ41、ビームスプリッタ46、凹レンズ58、集光レンズ59、ピンホール部材60のピンホールを経て、図13に示した4分割光検出器92によって受光される。ここで、4分割光検出器92の各受光部92a~92dは、それぞれ、情報再生光のうち、シャッタ91の各領域91a~91dを通過した光に対応する部分を受光するように配置されている。従って、4分割光検出器92の各受光部92a~92dの出力信号から情報再生光の強度分布を検出でき、これにより、ホログラム材料層33に記録された4ビット単位のデータの再生が可能となる。4分割光検出器92の各受光部92a~92d毎の出力信号は、マルチプレクサ93によって順次選択され、時系列的に再生信号S<sub>0</sub>として出力され、イコライザ25に入力される。

【0068】このように本実施の形態によれば、第2の記録用照射光を4ビットのデータによって空間的に強度変調して情報を記録を行うようにしたので、第1の実施の形態に比べて記録容量を4倍にすることが可能となる。なお、本実施の形態では、第2の記録用照射光を4ビットのデータによって空間的に強度変調したが、2ビットや、8ビット等の他のビット数のデータによって空間的に強度変調しても良い。その場合には、シャッタ91および4分割光検出器92の代わりにそれぞれ、ビット数に応じた分割数のシャッタおよび光検出器を用いれば良い。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0069】なお、本発明は上記各実施の形態に限定されず、例えば、フォーカサーボの方法としては非点収差法に限らずナイフエッジ法等の他の方法を用いることができ、トラッキングサーボの方法としてもプッシュプル法や3ビーム法等の他の方法を用いることができる。また、各実施の形態においてエンボスビットによって記録された情報は、反射率や屈折率等の光学的特性の変化によって記録できれば良いので、エンボスビットの代わりに相変化等を用いて記録しても良い。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし6の

いずれか1に記載の光情報記録媒体によれば、収束する再生用照射光の収束点に対応する位置に設けられた再生用照射光収束領域と、この再生用照射光収束領域と深さ方向について異なる位置に設けられ、再生用照射光が照射されたときに、再生用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する情報再生光を発生させるための情報記録領域とを備えたので、再生用照射光収束領域において再生用照射光の径が小さくなり、再生用照射光収束領域において再生用照射光の位置決めを行うことで、再生用照射光の位置決めを精度良く行うことが可能になり、その結果、記録容量を大きくすることが可能となるという効果を奏する。

【0071】また、請求項4記載の光情報記録媒体によれば、情報記録領域が、互いに深さ方向について異なる位置に収束点を有する複数の情報再生光を発生させるようにしたので、請求項1記載の光情報記録媒体の効果に加え、記録容量を増大させることができるという効果を奏する。

【0072】また、請求項5記載の光情報記録媒体によれば、情報記録領域に、再生用照射光が照射されたときに情報再生光を発生させる凹凸を形成したので、請求項1記載の光情報記録媒体の効果に加え、光情報記録媒体の大量生産が可能となるという効果を奏する。

【0073】また、請求項6記載の光情報記録媒体によれば、情報記録領域が、記録されている情報に従って空間的に強度変調された情報再生光を発生させるようにしたので、請求項1記載の光情報記録媒体の効果に加え、記録容量を増大させることができるという効果を奏する。

【0074】また、請求項7ないし11のいずれか1に記載の光情報再生装置によれば、再生用照射光収束領域と情報記録領域を含む光情報記録媒体に対して、再生用照射光収束領域で収束する再生用照射光を照射する再生用照射光照射手段と、この再生用照射光照射手段によって光情報記録媒体に対して再生用照射光を照射したときに得られる情報再生光を含む光情報記録媒体からの戻り光を検出して情報の再生を行う情報再生手段とを備えたので、再生用照射光収束領域において再生用照射光の径が小さくなり、再生用照射光収束領域において再生用照射光の位置決めを行うことで、再生用照射光の位置決めを精度良く行うことが可能となるという効果を奏する。

【0075】また、請求項9記載の光情報再生装置によれば、再生用照射光照射手段と情報再生手段が、再生用照射光を再生用照射光収束領域で収束させるために用いられると共に光情報記録媒体からの戻り光を受けるために用いられる共通の光学部材を有するので、請求項7記載の光情報再生装置の効果に加え、光学系を小さく構成することができるという効果を奏する。

【0076】また、請求項10記載の光情報再生装置によれば、光情報記録媒体の情報記録領域が互いに深さ方

向について異なる位置に収束点を有する複数の情報再生光を発生させ、情報再生手段が複数の情報再生光のうちの一つを選択的に検出する選択手段を有するので、請求項7記載の光情報再生装置の効果に加え、記録容量の大きい光情報記録媒体からの情報の再生が可能となるという効果を奏する。

【0077】また、請求項11記載の光情報再生装置によれば、光情報記録媒体の情報記録領域が記録されている情報に従って空間的に強度変調された情報再生光を発生させ、情報再生手段が情報再生光の強度分布に基づいて情報の再生を行うようにしたので、請求項7記載の光情報再生装置の効果に加え、記録容量の大きい光情報記録媒体からの情報の再生が可能となるという効果を奏する。

【0078】また、請求項12ないし14のいずれか1に記載の光情報記録装置によれば、再生用照射光収束領域と情報記録領域を含む光情報記録媒体に対して、再生用照射光の収束点と深さ方向について同じ位置に収束点を有する第1の記録用照射光とこの第1の記録用照射光の収束点と深さ方向について異なる位置に収束点を有する第2の記録用照射光とを照射する記録用照射光照射手段と、記録する情報に従って、記録用照射光照射手段によって照射される第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の少なくとも一方の強度を変調する変調手段とを備えたので、再生用照射光収束領域において再生用照射光および第1の記録用照射光の径が小さくなり、再生用照射光収束領域において第1の記録用照射光の位置決めを行うことで、記録用照射光の位置決めを精度良く行うことが可能となるという効果を奏する。

【0079】また、請求項13記載の光情報記録装置によれば、記録用照射光照射手段が、第2の記録用照射光の収束点の位置を深さ方向について変更可能な収束点位置変更手段を有するので、請求項12記載の光情報記録装置の効果に加え、情報記録領域に情報を多重記録することが可能となり、光情報記録媒体の記録容量を増大させることができるという効果を奏する。

【0080】請求項14記載の光情報記録装置によれば、記録用照射光照射手段が、記録する情報に従って空間的に強度変調された第2の記録用照射光を照射するようにしたので、請求項12記載の光情報記録装置の効果に加え、光情報記録媒体の記録容量を増大させることができるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る光情報記録再生装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る光ディスクの断面構成を示す説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る光ディスクにおけるエンボスピットを説明するための説明図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る光ディスクにおけるエンボスピットを説明するための説明図である。

【図5】図4におけるアドレス情報部に記録されるトラック情報のフォーマットの一例を示す説明図である。

【図6】図1におけるピックアップの構成を示す説明図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態に係る光情報記録再生装置における第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の関係を示す説明図である。

【図8】図7に示した第1の記録用照射光と第2の記録用照射光の干渉による干渉パターンを示す説明図である。

【図9】図6に示したピックアップの構成のうち情報の再生に必要な部分を示す説明図である。

【図10】本発明の第2の実施の形態に係る光情報記録再生装置におけるピックアップの構成を示す説明図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態に係る光ディスクの断面構成を示す説明図である。

【図12】本発明の第4の実施の形態に係る光情報記録再生装置におけるシャッタを示す説明図である。

【図13】本発明の第4の実施の形態に係る光情報記録再生装置における再生信号S<sub>0</sub>。検出用の4分割光検出器を示す説明図である。

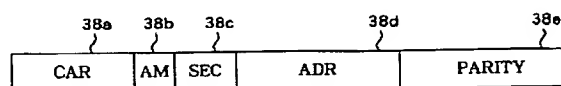
【図14】本発明の第4の実施の形態に係る光情報記録再生装置の構成を示すブロック図である。

【図15】従来のホログラフィック光メモリシステムの構成を示す説明図である。

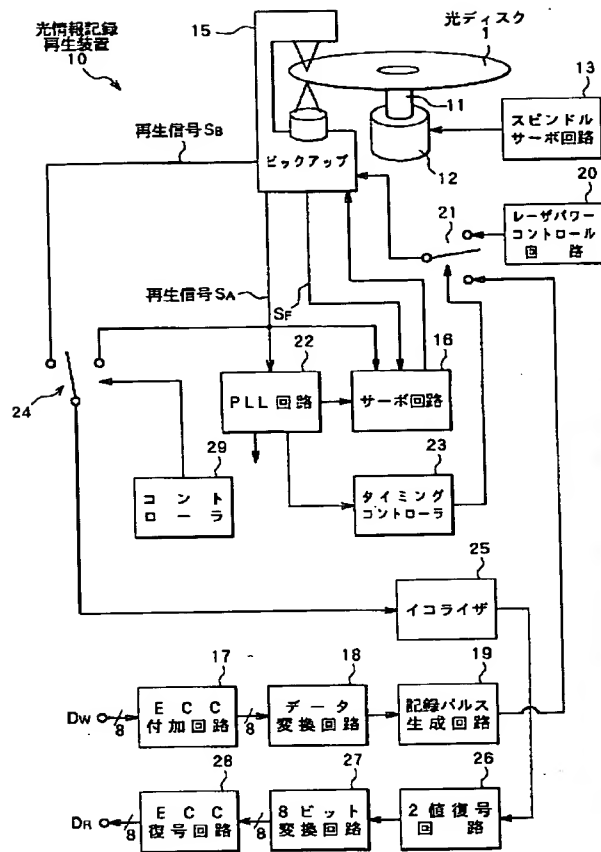
#### 【符号の説明】

1…光ディスク、10…光情報記録再生装置、15…ピックアップ、31…基板、32…透明誘電体層、33…ホログラム材料層、34…エンボスピット、41…対物レンズ、42…半導体レーザ、48…凸レンズ、56…4分割光検出器、60…ピンホール部材、61…光検出器

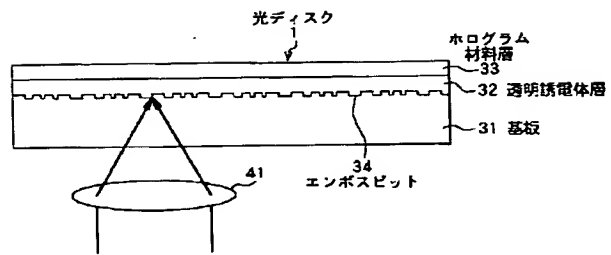
【図5】



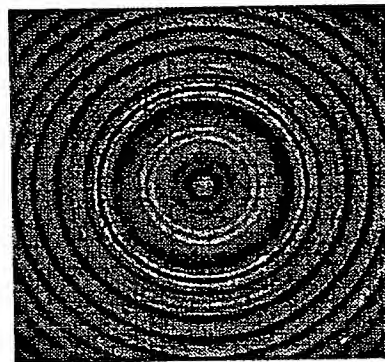
【図1】



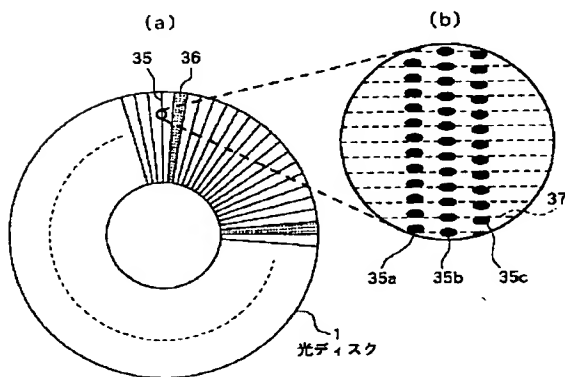
【図2】



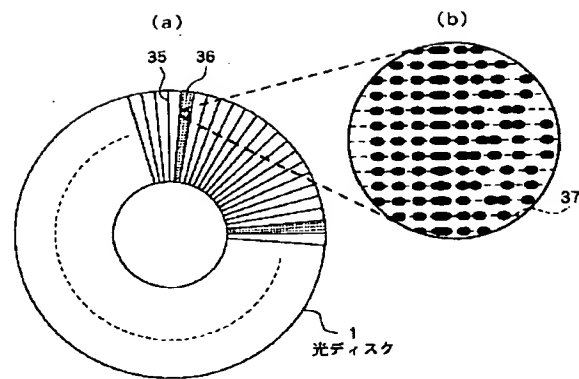
【図8】



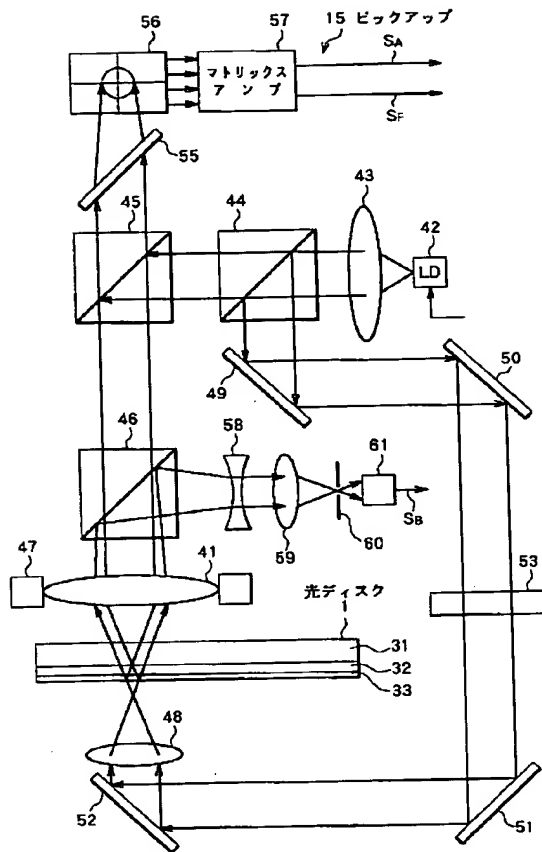
【図3】



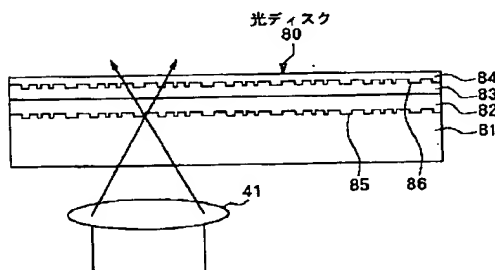
【図4】



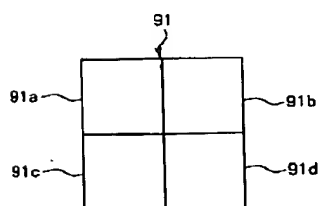
【図6】



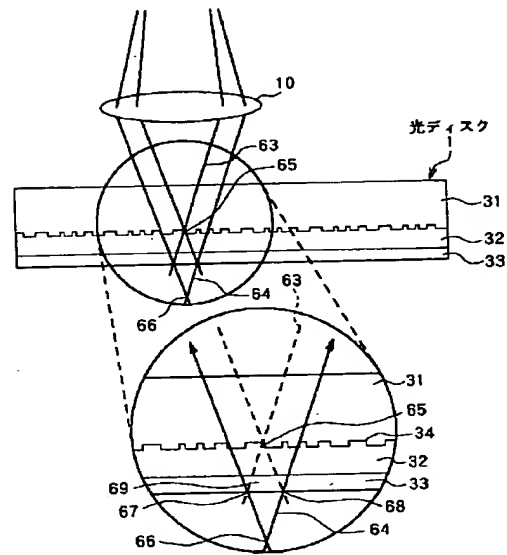
【図11】



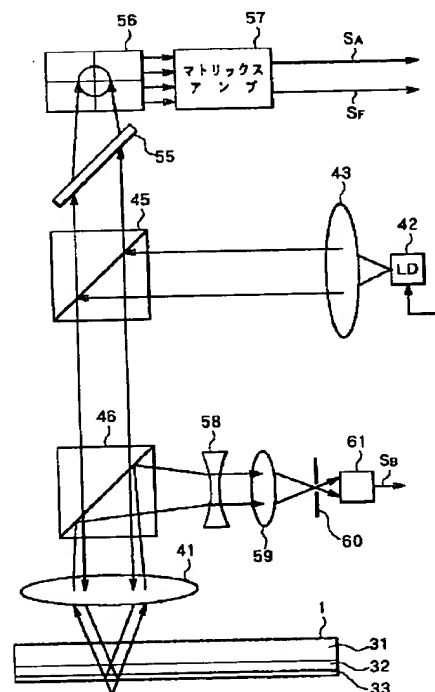
【図12】



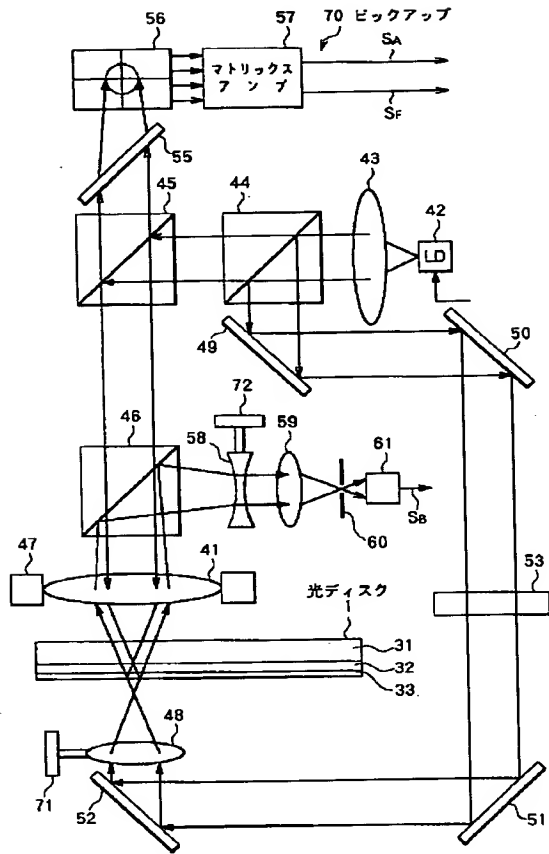
【図7】



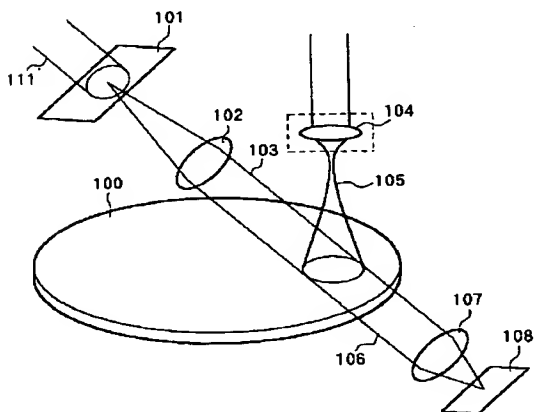
【図9】



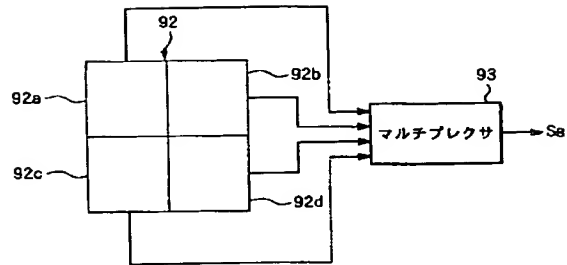
【図10】



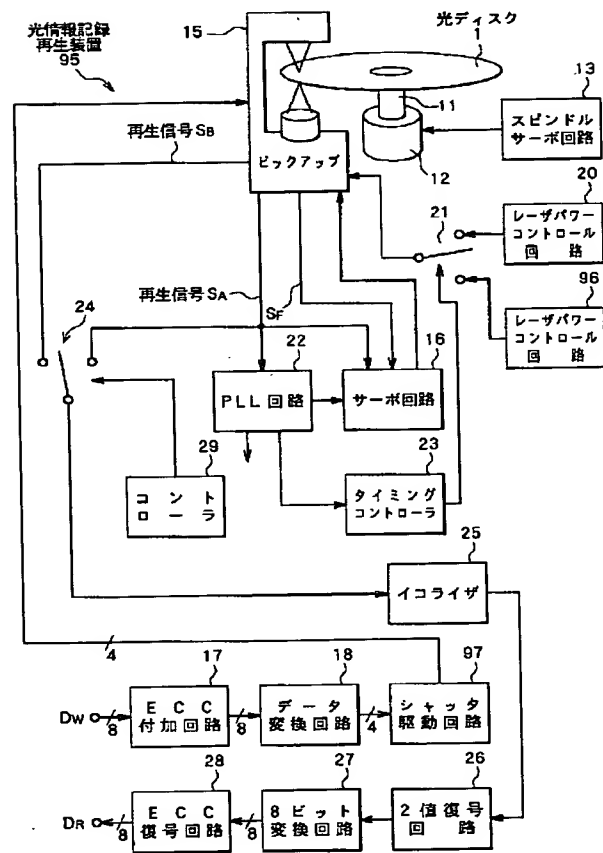
【図15】



【図13】



【図14】





## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-305978

(43)Date of publication of application : 28.11.1997

(51)Int.Cl.

G11B 7/007

G11B 7/09

G11B 7/135

(21)Application number : 08-141134

(71)Applicant : SONY CORP

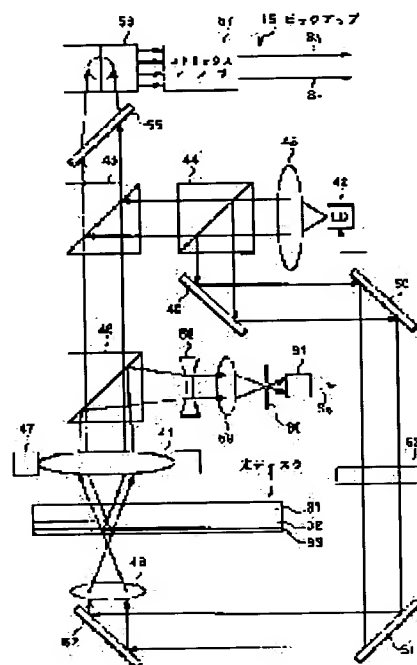
(22)Date of filing : 13.05.1996

(72)Inventor : KOBAYASHI SEIJI

**(54) OPTICAL INFORMATION RECORDING MEDIUM, OPTICAL INFORMATION REPRODUCER AND OPTICAL INFORMATION RECORDER****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To position an applied light with high precision when information is recorded and reproduced by utilizing holography.

**SOLUTION:** A transparent dielectric layer 32 and a hologram material layer 33 are laminated on one surface of a substrate 31 to form an optical disc 1. An embossed pit corresponding to the positioning information, etc., is formed between the substrate 31 and the transparent dielectric layer 32. Recording lights are applied to both the sides of the optical disc 1 in recording. The position of the focal point of the 1st recording light is on the embossed pit and the position of the focal point of the 2nd recording light is on this side of the hologram material layer 33. The interference pattern of the two applied light is recorded on the hologram material layer 33. At the reproduction, if a light having a focal point on the embossed pit is applied, an information reproducing light which has the same characteristics as the 2nd recording light for the recording is emitted from the hologram material layer 33.



## TRANSLATION OF JP-A-9-305978

[Scope of Claims for a Patent]

[Claim 1] An optical information recording medium

5 comprising: a reproducing illumination light converging region provided in a position corresponding to the point of convergence of converging illumination light for reproduction; and an information recording region for generating information reproduction light having the point of convergence in a position  
10 different from that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in a depth direction when illuminated with the illumination light for reproduction, the information recording region being provided in a position different from that of the reproducing illumination light  
15 converging region in the depth direction.

[Claim 2] An optical information recording medium according to claim 1, wherein information including information for positioning the illumination light for reproduction is recorded in the reproducing illumination light converging region.

20 [Claim 3] An optical information recording medium according to claim 1, wherein the intensity distribution of light obtained from interference between first illumination light for recording having the point of convergence in the same position as that of the point of convergence of the illumination light  
25 for reproduction in the depth direction and second illumination light for recording having the point of convergence in a position different from that of the point of convergence of the

first illumination light for recording in the depth direction is recorded in the information recording region.

[Claim 4] An optical information recording medium according to claim 1, wherein the information recording region generates  
5 a plurality of beams of information reproduction light having the points of convergence in different positions in the depth direction.

[Claim 5] An optical information recording medium according to claim 1, wherein the information recording region has pits  
10 and projections for generating the information reproduction light when illuminated with the illumination light for reproduction.

[Claim 6] An optical information recording medium according to claim 1, wherein the information recording region generates  
15 information reproduction light that is spatially modulated in intensity in accordance with information recorded.

[Claim 7] An optical information reproducing apparatus comprising: reproducing illumination light illuminating means for illuminating an optical information recording medium  
20 including a reproducing illumination light converging region provided in a position corresponding to the point of convergence of converging illumination light for reproduction and an information recording region for generating information reproduction light having the point of convergence in a position  
25 different from that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in a depth direction when illuminated with the illumination light for reproduction, the

information recording region being provided in a position different from that of the reproducing illumination light converging region in the depth direction, with illumination light for reproduction that converges on the reproducing illumination light converging region; and

information reproducing means for reproducing information by detecting return light from the optical information recording medium, the return light including the information reproduction light obtained when the reproducing illumination light illuminating means illuminates the optical information recording medium with the illumination light for reproduction.

[Claim 8] An optical information reproducing apparatus according to claim 7, wherein: information including information for positioning the illumination light for reproduction is recorded in the reproducing illumination light converging region of the optical information recording medium; and the information reproducing means reproduces information based on the information reproduction light and information recorded in the reproducing illumination light converging region out of the return light from the optical information recording medium.

[Claim 9] An optical information reproducing apparatus according to claim 7, wherein the reproducing illumination light illuminating means and the information reproducing means have a common optical member to be used to converge the illumination light for reproduction on the reproducing

illumination light converging region and to receive the return light from the optical information recording medium.

[Claim 10] An optical information reproducing apparatus according to claim 7, wherein: the information recording region  
5 of the optical information recording medium generates a plurality of beams of information reproduction light having the points of convergence in different positions in the depth direction; and the information reproducing means has selecting means for selectively detecting one out of the plurality of  
10 beams of information reproduction light.

[Claim 11] An optical information reproducing apparatus according to claim 7, wherein: the information recording region of the optical information recording medium generates information reproduction light that is spatially modulated in  
15 intensity in accordance with information recorded; and the information reproducing means reproduces information based on the intensity distribution of the information reproduction light.

[Claim 12] An optical information recording apparatus  
20 comprising: recording illumination light illuminating means for illuminating an optical information recording medium including a reproducing illumination light converging region provided in a position corresponding to the point of convergence of converging illumination light for reproduction and an  
25 information recording region for generating information reproduction light having the point of convergence in a position different from that of the point of convergence of the

illumination light for reproduction in a depth direction when illuminated with the illumination light for reproduction, the information recording region being provided in a position different from that of the reproducing illumination light  
5 converging region in the depth direction, with first illumination light for recording that has the point of convergence in the same position as that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in the depth direction and second illumination light for recording  
10 that has the point of convergence in a position different from the position of the point of convergence of the first illumination light for recording in the depth direction; and

modulating means for modulating, in accordance with information to be recorded, the intensity of at least either  
15 one of the first illumination light for recording and the second illumination light for recording projected by the recording illumination light illuminating means.

[Claim 13] An optical information recording apparatus according to claim 12, wherein the recording illumination light  
20 illuminating means has convergence point position changing means that is capable of changing the position of the point of convergence of the second illumination light for recording in the depth direction.

[Claim 14] An optical information recording apparatus  
25 according to claim 12, wherein the recording illumination light illuminating means projects second illumination light for recording that is spatially modulated in intensity in

accordance with the information to be recorded.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention] The invention relates to  
5 an optical information recording medium on which information  
is recorded utilizing holography, an optical information  
reproducing apparatus for reproducing information from this  
optical information recording medium, and an optical  
information recording apparatus for recording information on  
10 the optical information recording medium.

[0002]

[Prior Art] A number of systems such as the one described in  
literature 'George Barbastathis et al., "Holographic 3D disks  
using shift multiplexing," SPIE Proc. Optical Data Storage,  
15 1995, Vol. 2514, pp. 355-362' have been heretofore proposed as  
a holographic optical memory system for recording information  
on an optical information recording medium utilizing holography.  
For the recording medium described in this literature, two laser  
beams, that is, a laser beam called object light which is  
20 modulated in accordance with the information to be recorded and  
a laser beam called reference light which is not modulated at  
all, are brought into interference on the recording medium so  
that the resulting interference fringes are recorded.

[0003] Here, with reference to FIG. 15, the system  
25 disclosed in the foregoing literature will be described  
concretely. In this system, incident laser light 111 passes  
through a spatial modulator 101, at which time the spatial



modulator 101 spatially modulates the incident laser light 111 in intensity in accordance with the information to be recorded. This light is collimated by a lens 102 and projected onto a recording medium 100 as object light 103. In addition,  
5 reference light 105 is made into diverging light by an objective lens 104 and projected onto the position on the recording medium 100 as same as the position onto which the object light 103 is projected. In this way, the information is recorded on the recording medium 100 in the form of interference fringes  
10 resulting from the object light 103 and the reference light 105. At the time of reproduction of information, the reference light 105 alone is projected onto the recording medium 100. Consequently, reproduction light 106 occurs from the recording medium 100. This reproduction light 106 forms an image on an  
15 image pick-up element 108 through a lens 107 which is disposed in a position opposite from the lens 102 across the recording medium 100. The information is read by this image pick-up element 108.

[0004]

20 [Problems to be Solved by the Invention] In a conventional holographic optical memory system such as one shown in FIG. 15, the reference light will not converge to a point on the recording medium. Thus, the region to record or reproduce may be illuminated with the reference light over a considerably large  
25 area thereof. For example, in the case of parallel reference light which is most frequently used, parallel light having a diameter of 1 mm or so is projected onto the recording medium,

and this light is used to record information or to read information recorded previously.

[0005] By the way, for common optical disks typified by a compact disc (hereinafter referred to as CD), the light beam for reading is narrowed down to the order of 1  $\mu\text{m}$ . Positioning of the light beam for reading is thus possible with precision of 1  $\mu\text{m}$  or less. In such a holographic optical memory system that uses a light beam having a beam diameter of 1 mm as described above, however, the optical positioning of the reference light for recording or reproduction, if intended, can only be achieved with precision of the order of 1 mm, which is the beam diameter. This necessitates a sufficient spacing between the recording areas on the recording medium, resulting in a problem that the recording medium cannot be made so high in total storage capacity.

[0006] Besides, in such a conventional holographic optical memory system as shown in FIG. 15, during reproduction the reference light projected onto the recording medium and the reproduction light occurring from the recording medium pass through different optical elements. This corresponds to the fact that in the system shown in FIG. 15, for example, the reference light 105 passes through the lens 104 and then reaches the recording medium 100 while the reproduction light 106 passes through the lens 107 and then is received by the image pick-up element 108. In such an optical system where the reference light and the reproduction light pass through different optical elements during reproduction as described above, the entire

optical system becomes extremely large due to the need for providing the different optical elements. This poses a problem of poor feasibility.

[0007] The present invention has been conceived in view  
5 of the foregoing problems. It is a first object of the invention to provide an optical information recording medium on which information is recorded utilizing holography, which makes it possible to position the illumination light for reproduction with high precision to allow greater storage capacity.

10 [0008] A second object of the invention is to provide an optical information reproducing apparatus for reproducing information recorded on an optical information recording medium utilizing holography, which makes it possible to position the illumination light for reproduction with high precision.

15 [0009] In addition to the foregoing second object, a third object of the invention is to provide an optical information reproducing apparatus which allows a small configuration of the optical system.

[0010] A fourth object of the invention is to provide an  
20 optical information recording apparatus for recording information on an optical information recording medium utilizing holography, which makes it possible to position the illumination light for recording with high precision.

[0011]

25 [Means for Solving the Problems] An optical information recording medium according to the invention comprises: a reproducing illumination light converging region provided in

a position corresponding to the point of convergence of converging illumination light for reproduction; and an information recording region for generating information reproduction light having the point of convergence in a position  
5 different from that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in a depth direction when illuminated with the illumination light for reproduction, the information recording region being provided in a position different from that of the reproducing illumination light  
10 converging region in the depth direction.

[0012] Besides, an optical information reproducing apparatus according to the invention comprises: reproducing illumination light illuminating means for illuminating the optical information recording medium with the illumination  
15 light for reproduction that converges on the reproducing illumination light converging region; and information reproducing means for reproducing information by detecting return light from the optical information recording medium, the return light including the information reproduction light  
20 obtained when the reproducing illumination light illuminating means illuminates the optical information recording medium with the illumination light for reproduction.

[0013] Moreover, an optical information recording apparatus according to the invention comprises: recording  
25 illumination light illuminating means for illuminating the optical information recording medium with first illumination light for recording that has the point of convergence in the

same position as that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in the depth direction and second illumination light for recording that has the point of convergence in a position different from the position of the first illumination light for recording in the depth direction; and modulating means for modulating, in accordance with information to be recorded, the intensity of at least either one of the first illumination light for recording and the second illumination light for recording projected by the recording illumination light illuminating means.

[0014] In the optical information recording medium according to the invention, given that information is recorded in the information recording region, the information recording region generates, when illuminated with the illumination light for reproduction having the point of convergence in the reproducing illumination light converging region, information reproduction light having the point of convergence in a position different from that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in the depth direction. Since this optical information recording medium is illuminated with the illumination light for reproduction having the point of convergence in the reproducing illumination light converging region, the illumination light for reproduction becomes small in diameter in the reproducing illumination light converging region. It is thus possible to position the illumination light for reproduction with high precision by performing the positioning of the illumination light for reproduction in the

reproducing illumination light converging region.

[0015] In the optical information reproducing apparatus according to the invention, the reproducing illumination light illuminating means illuminates the optical information recording medium with the illumination light for reproduction that converges on the reproducing illumination light converging region. The information reproducing means reproduces information by detecting the return light from the optical information recording medium, the return light including the information reproduction light that is obtained when the reproducing illumination light illuminating means illuminates the optical information recording medium with the illumination light for reproduction.

[0016] In the optical information recording apparatus according to the invention, the recording illumination light illuminating means illuminates the optical information recording medium with the first illumination light for recording which has the point of convergence in the same position as that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in the depth direction and the second illumination light for recording which has the point of convergence in a position different from that of the first illumination light for recording in the depth direction. The modulating means modulates, in accordance with information to be recorded, the intensity of at least either one of the first illumination light for recording and the second illumination light for recording projected by the recording illumination

light illuminating means. Information is thereby recorded in the information recording region of the optical information recording medium in the form of the intensity distribution of light obtained from interference between the first illumination  
5 light for recording and the second illumination light for recording.

[0017] Incidentally, as employed in the invention, the point of convergence corresponds to an object point or image point of the imaging optical system. In the case of converging  
10 light, it refers to a point to which the light beams constituting the converging light converge. In the case of diverging light, it refers to a point to which the extensions of the light beams constituting the diverging light converge.

[0018]

15 [Embodiments of the Invention] Hereinafter, embodiments of the invention will be described in detail with reference to the drawings.

[0019] FIG. 1 is a block diagram showing the configuration of an optical information recording/reproducing apparatus  
20 acting as an optical information reproducing apparatus and an optical information recording apparatus according to a first embodiment of the invention. This optical information recording/reproducing apparatus 10 comprises: a spindle 11 to which an optical information recording medium (hereinafter,  
25 referred to simply as optical disk) 1 according to the present embodiment is attached; a spindle motor 12 for rotating this spindle 11; and a spindle servo circuit 13 for controlling the



spindle motor 12 to keep the rotating speed of the optical disk 1 at a predetermined value.

[0020] The optical information recording/reproducing apparatus 10 further comprises: a pick-up 15 for illuminating the optical disk 1 selectively with illumination light for reproduction and illumination light for recording, and detecting return light from the optical disk 1; a not-shown driving device for making this pick-up 15 movable in the radial direction of the optical disk 1; and a servo circuit 16 for performing slide servo by controlling the driving device to move the pick-up 15 in the radial direction of the optical disk 1 so that the pick-up 15 can perform recording/reproduction on a predetermined position of the optical disk 1, and for performing focus servo to adjust the position of the point of convergence of the illumination light for reproduction projected by the pick-up 15 in the depth direction of the optical disk 1 and tracking servo to allow the illumination light for reproduction to follow a predetermined track.

[0021] The optical information recording/reproducing apparatus 10 further comprises: an ECC adding circuit 17 for adding error-correcting codes (hereinafter, also referred to as ECCs) to 8-bit write data  $D_w$ , for example; a data conversion circuit 18 for converting the output data of the ECC adding circuit 17 into 1-bit signals; a recording pulse generating circuit 19 for generating recording pulses for enhancing the output of a semiconductor laser provided in the pick-up 15, which will be described later, based on the output signals of

the data conversion circuit 18; a laser power control circuit 20 for controlling the output of the semiconductor laser to appropriate reading power; and a data selector 21 for selecting either the output of the recording pulse generating circuit 19 or the output of the laser power control circuit 20 and supplying the same to the semiconductor laser in the pick-up 15.

[0022] As will be described later, the pick-up 15 outputs two types of reproduction signals (hereinafter referred to as a reproduction signal  $S_A$  and a reproduction signal  $S_B$ ) and a focus error signal  $S_F$ . The reproduction signal  $S_A$  is a signal based on information recorded on the optical disk 1 in the form of emboss pits to be described later. Incidentally, the information to be recorded in the form of emboss pits includes position information inside the disk 1 and information for positioning the illumination light for recording. On the other hand, the reproduction signal  $S_B$  is a signal based on information recorded in a hologram material layer to be described later in the optical disk 1 utilizing holography. The focus error signal  $S_F$  and the reproduction signal  $S_A$  are input to the servo circuit 16. The servo circuit 16 performs focus servo based on the focus error signal  $S_F$ , and performs tracking servo based on the reproduction signal  $S_A$ .

[0023] The optical information recording/reproduction apparatus 10 further comprises: a phase-locked loop (hereinafter referred to as PLL) circuit 22 for inputting the reproduction signal  $S_A$  outputted from the pick-up 15 and reproducing a basic clock synchronous with the rotation of the

optical disk 1; and a timing controller 23 for switching the data selector 21 based on the basic clock outputted from this PLL circuit 22. Incidentally, the basic clock outputted from the PLL circuit 22 is supplied to circuits in the optical information recording/reproducing apparatus 10 which require the basic clock, aside from the timing controller 23.

[0024] The optical information recording/reproducing apparatus 10 further comprises: a changeover switch 24 for selecting and outputting either one of the reproduction signal  $S_A$  and the reproduction signal  $S_B$  outputted from the pick-up 15; an equalizer 25 for inputting the output of this changeover switch 24 and making compensation for frequency characteristics; a binary decoding circuit 26 for decoding the output signal of this equalizer 25 into binary data; an 8-bit conversion circuit 27 for converting the output data of this binary decoding circuit 26 into 8-bit data; an ECC decoding circuit 28 for inputting the output data of this 8-bit conversion circuit 27 and performing error correction to output read data  $D_R$ ; and a controller 29 for controlling the changeover switch 24 and controlling the entire optical information recording/reproducing apparatus 10.

[0025] Next, the configuration of the optical disk 1 according to the present embodiment will be described with reference to FIG. 2 through FIG. 4. FIG. 2 shows the sectional configuration of the optical disk 1. As shown in this diagram, the optical disk 1 is composed of: a disk-like substrate 31 made of, e.g., polycarbonate; and a transparent dielectric layer 32

made of, e.g., silicon nitride having a refractive index different from that of the substrate 31 and a hologram material layer 33 for recording information utilizing holography which are laminated on one side of the substrate 31 in this order.

5 The substrate 31 is formed by injection molding, for example. As with ordinary CDs and the like, emboss pits 34 corresponding to predetermined information are transcribed and formed in a side of the substrate 31 facing the transparent dielectric layer 32 in advance in an injection molding system. The transparent

10 dielectric layer 32 is formed by vacuum deposition or sputtering, for example. The hologram material layer 33 is formed through the application of a hologram material by spin coating, for example. The hologram material layer 33 has a thickness of the order of 10 to 40  $\mu\text{m}$ , for example. When the hologram material

15 is illuminated with light, it changes in such optical characteristics as a refractive index, permittivity, and reflectivity depending on the intensity of the light. For example, materials announced as hologram materials from DuPont (see 'W. K. Smothers et al., "Photopolymers for holography,"

20 Practical Holography IV, SPIE/OE/Laser Conference Proceedings, 1212-03, Los Angeles, CA, Jan. pp. 14-19, 1990') may be used. The interface between the substrate 31 having the emboss pits 34 and the transparent dielectric layer 32 corresponds to the reproducing illumination light converging region of the

25 invention. The hologram material layer 33 corresponds to the information recording region of the invention. Incidentally, a transparent protective film may be formed on the hologram

material layer 33. To record information on the optical disk 1 of such configuration or reproduce information from the optical disk 1, light beams having passed through an objective lens 41 in the pick-up 15 are used.

5 [0026] FIG. 3 and FIG. 4 are explanatory diagrams for explaining the emboss pits 34 in the optical disk 1 two-dimensionally. FIG. 3(a) and FIG. 4(b) both show the arrangement of emboss pits 34 over the entire optical disk 1. As shown in these diagrams, the optical disk 1 has a number of  
10 servo information portions 35 which extend linearly in radial directions and are arranged radially across the entire circumference of the optical disk 1, and address information portions 36 which extend linearly in radial directions and are formed, for example, in two locations across the entire  
15 circumference of the optical disk 1. Predetermined information is recorded in each of these servo information portions 35 and address information portions 36 in the form of emboss pits 34. Information such as user data, if necessary, is recorded in the form of emboss pits 34 in sectoral sections  
20 between adjoining ones of the servo information portions 35. Although simplified in the diagrams, the servo information portions 35 as many as 1400 or so, for example, are arranged across the entire circumference of the optical disk 1. The address information portions 36 are provided in two locations  
25 for the reason that correct addresses can be reproduced from one of them even when the other becomes unreadable owing to defects or the like on the optical disk 1.

[0027] FIG. 3(b) shows an enlarged servo information portion 35. As shown in the diagram, each single track of the servo information portion 35 has three emboss pits 34, or pits 35a, 35b, and 35c, which are arranged generally along the direction of the track 37. The pits 35a and 35c on the outer sides are formed at positions offset from the center of the track 37 in opposite directions. Tracking servo is performed by moving the objective lens 41 such that the reproduction signals  $S_A$  corresponding to these two pits 35a and 35c have the same amplitude. The central pit 35b is placed at the center of the track 37, and is used for the PLL circuit 22 to generate the basic clock synchronous with the rotation of the optical disk 1.

[0028] FIG. 4(b) shows an enlarged address information portion 36. As shown in this diagram, the address information portion 36 has a pit row composed of a plurality of emboss pits 34 along the center of each track 37. In this pit row, track information capable of identifying an track number is embedded as address information.

[0029] The track information mentioned above has various known formats, of which a simplest example is shown in FIG. 5. This format contains a carrier signal (CAR) region 38a, an address mark (AM) region 38b, a sector information (SEC) region 38c, an address information (ADR) region 38d, and a parity (PARITY) region 38e which are arranged in this order from the top. In the carrier signal region 38a, pits are recorded repeatedly at certain cycles. A threshold level for binarizing

the reproduction signals is detected from this carrier signal region 38a. In the address mark region 38b, a long-sized pit which will not appear in any other data portions is recorded. By detecting this address mark region 38b, a system including  
5 the optical information recording/reproducing apparatus 10 can make a distinction between the portion containing an address and the other portions in which user data is recorded. The address mark region 38b also functions to make a notification of the start of a signal that is recorded continuously. Sector  
10 information recorded in the sector information region 38c, in the present embodiment, shows which of the two sets of track information is being read. Address information recorded in the address information region 38d shows the address of the track in a 16-bit binary. A parity recorded in the parity region 38e  
15 is obtained as a result of operation by, for example, applying codes known as CRC (cyclic redundancy check) codes to the sector information and the address information. Even when a defect occurs on the optical disk 1 at the portion in which the sector information or the address information is recorded, the  
20 occurrence of an error can be detected by using this parity. Since the devices for decoding such signals as above are commonly used in floppy disk drives and the like, description thereof will be omitted.

[0030] Next, the configuration of the pick-up 15 will be  
25 described with reference to FIG. 6. The pick-up 15 comprises: the objective lens 41 which faces toward the substrate 31 of the optical disk 1 when the optical disk 1 is fixed to the spindle



11; a semiconductor laser 42 for emitting laser light; and a collimator lens 43 and beam splitters 44, 45, and 46 which are arranged between the semiconductor laser 42 and the objective lens 41 in this order from the semiconductor laser 42. The laser light emitted from the semiconductor laser 42 is collimated by the collimator lens 43 and impinges on the beam splitter 44. A part of the light is transmitted through the beam splitter 44, reflected by the beam splitter 45, transmitted through the beam splitter 46, collected by the objective lens 41, and projected onto the optical disk 1. Return light from the optical disk 1 passes through the objective lens 41 and impinges on the beam splitter 46. A part of the light is transmitted through the beam splitter 46, and the other is reflected by the beam splitter 46. The pick-up 15 further comprises an actuator 47 capable of controlling the position of the objective lens 41 so that the position of the point of convergence of light projected onto the optical disk 1 from the objective lens 41 can be moved in directions of the depth and radius of the optical disk 1. This actuator 47 is controlled by the servo circuit 16 in FIG. 1.

[0031] The pick-up 15 further comprises: a convex lens 48 opposed to the objective lens 41 across the optical disk 1; mirrors 49, 50, 51, and 52 for introducing the laser light that is emitted from the semiconductor laser 42 and reflected by the beam splitter 44, to a side of the convex lens 48 opposite from the optical disk 1; and a shutter 53 disposed between the mirrors 50 and 51. The convex lens 48 converges the laser light

introduced by the mirrors 49-52 to a predetermined position before (outside) the optical disk 1 closer to the convex lens 48. The shutter 53 is controlled by the controller 29 in FIG. 1.

5 [0032] The pick-up 15 further comprises: a cylindrical lens 55 disposed on the optical path of the return light from the optical disk 1 that is transmitted through the beam splitter 46 and transmitted through the beam splitter 45; a quadruple photodetector 56 for receiving the light having passed through  
10 this cylindrical lens 55; and a matrix amplifier 57 for performing operation using the output signals of the four light-receiving portions of this quadruple photodetector 56 to thereby output the reproduction signal  $S_A$  and the focus error signal  $S_F$ .

15 [0033] The pick-up 15 further comprises a concave lens 58, a condenser lens 59, a pinhole member 60, and a photodetector 61 which are arranged in this order from the beam splitter 46 on the optical path of the return light from the optical disk 1 that is reflected by the beam splitter 46. The concave lens  
20 58 collimates information reproduction light to be described later, generated by the hologram material layer 33, out of the return light from the optical disk 1. The condenser lens 59 condenses this collimated light beam so that it focuses on a pinhole in the pinhole member 60. The photodetector 61 receives  
25 the light having passed through the pinhole in the pinhole member 60 to convert the same into an electric signal, and outputs the reproduction signal  $S_B$ .

[0034] Next, description will be given of the operation of the optical information recording/reproducing apparatus 10 and the function of the optical disk 1 according to the present embodiment.

5 [0035] Initially, the operation of the optical information recording/reproducing apparatus 10 and the function of the optical disk 1 will be described for the case of recording information on the optical disk 1. The optical disk 1 is fixed to the spindle 11 and rotated by the spindle  
10 motor 12, being controlled by the spindle servo motor 13 to keep a given rotation speed. Initially, the data selector 21 supplies the output of the laser power control circuit 20 to the semiconductor laser 42 of the pick-up 15. The laser power control circuit 20 controls the output of the semiconductor  
15 laser 42 to appropriate reading power.

[0036] The laser light emitted from the semiconductor laser 42 is collimated by the collimator lens 43 and impinges on the beam splitter 44. A part of the light is transmitted through the beam splitter 44, reflected by the beam splitter  
20 45, transmitted through the beam splitter 46, collected by the objective lens 41, and projected onto the optical disk 1. The position of the point of convergence of this illumination light falls on the interface between the substrate 31 and the transparent dielectric layer 32, i.e., the position where the  
25 emboss pits 34 are formed. Since the substrate 31 and the transparent dielectric layer 32 have different refractive indices, the light projected onto the optical disk 1 is

reflected by the interface between the substrate 31 and the transparent dielectric layer 32, at which time it is modulated in intensity by emboss pit rows and impinges on the objective lens 41 as return light. This return light is collimated by the objective lens 41, transmitted through the beam splitters 5 the objective lens 41, transmitted through the beam splitters 46 and 45, converged by the cylindrical lens 55 to impinge on the quadruple photodetector 56 with different focal lengths in two directions orthogonal to the traveling direction thereof so that the focus error signal can be obtained through an astigmatic method, and converted into electric signals. The 10 matrix amplifier 57 performs operation using the output signals of the respective four light-receiving portions of the quadruple photodetector 56, and thereby outputs the reproduction signal  $S_A$  which shows the information recorded in the form of the emboss pits 34 and the focus error signal  $S_F$  15 which shows a deviation from the ideal position of the point of convergence of the illumination light.

[0037] The reproduction signal  $S_A$  is inputted to the PLL circuit 22 and the servo circuit 16 in FIG. 1. The focus error 20 signal  $S_F$  is inputted to the servo circuit 16. Based on the reproduction signal  $S_A$ , the PLL circuit 22 reproduces a basic clock which is in synchronization with the emboss pits 34 and has a frequency coincident with the frequency of repetition of recording marks. The servo circuit 16 performs focus servo 25 based on the focus error signal  $S_F$ , and performs tracking servo based on the reproduction signal  $S_A$ . Incidentally, the reproduction signal  $S_A$  traces a waveform having portions of low

amplitude corresponding to the pits 35a and 35c which come before and after a portion of high amplitude corresponding to the pit 35b shown in FIG. 3(b). The tracking servo is performed by moving the objective lens 41 such that the portions  
5 corresponding to the pits 35a and 35c have the same amplitude.

[0038] In the optical disk 1, the servo information portions 35 and the address information portions 36, which are the areas where the fixed patterns of track information, clock information, and the like are recorded in the form of the emboss  
10 pits 34 (hereinafter, these shall be referred to as servo areas), are arranged periodically. The timing controller 23 in FIG. 1 counts the clock from the PLL circuit 22 to estimate the timing of appearance of a next servo area, and switches the data selector 21 at timing before and after the illumination light  
15 passes the servo area so that the output of the laser power control circuit 20 is input to the semiconductor laser 42 while the illumination light is passing the servo area. Consequently, while the illumination light is passing the servo area, the output of the semiconductor laser 42 is controlled to  
20 appropriate reading power by the laser power control circuit 20. The reading power typically is weak power around one tenth of the recording power.

[0039] Data is recorded in the areas of the optical disk 1 other than the servo areas. The timing controller 23 thus  
25 switches the data selector 21 to the recording-pulse-generating-circuit-19 side while the illumination light passes the areas other than the servo areas. Consequently, while the

illumination light passes the areas other than the servo areas, recording pulses outputted from the recording pulse generating circuit 19 are inputted to the semiconductor laser 42. The intensity of the laser light emitted from the semiconductor laser 42 is modulated in accordance with these recording pulses. When recording pulses are outputted from the recording pulse generating circuit 19, the output of the semiconductor laser 42 is enhanced to the recording power around 10 times the reading power. By means of the illumination light having this recording power, information is recorded in the hologram material layer 33 of the optical disk 1. Here, the reading power shall be 1 mW or so, for example; the recording power shall be 15 mW or so, for example. The information to be recorded in the hologram material layer 33, e.g., the 8-bit write data  $D_w$  is given error-correcting codes (ECCs) by the ECC adding circuit 17, and converted into 1-bit signals by the data conversion circuit 18. Based on these signals, the recording pulse generating circuit 19 generates recording pulses, and these recording pulses are inputted to the semiconductor laser 42.

[0040] As described above, at the time of recording of information, a part of the laser light that is emitted from the semiconductor laser 42 and collimated by the collimator lens 43 passes through the beam splitters 44, 45, and 46, and the objective lens 41, and is projected onto the optical disk 1 from the side of the substrate 31 as first illumination light for recording. The other part of the laser light that is emitted from the semiconductor laser 42 and collimated by the collimator

lens 43 is reflected by the beam splitter 44, and passes through the mirrors 50-52 and the convex lens 48. Then it is projected onto the optical disk 1 from the side of the hologram material layer 33 as second illumination light for recording.

5 [0041] FIG. 7 shows the relationship between the first illumination light for recording and the second illumination light for recording mentioned above. In the diagram, the numeral 63 represents the first illumination light for recording, and 64 the second illumination light for recording.

10 As with the position of the point of convergence of the illumination light for reproduction, the position of the point of convergence 65 of the first illumination light for recording 63 falls on the interface between the substrate 31 and the transparent dielectric layer 32, i.e., the position where the  
15 emboss pits 34 are formed. On the other hand, the position of the point of convergence 66 of the second illumination light for recording 64 is different from the position of the point of convergence 65 in a direction of the depth of the optical disk 1, falling on a position outside the optical disk 1 before  
20 the hologram material layer 33. Both the first illumination light for recording 63 and the second illumination light for recording 64 become converging light past their respective points of convergence 65 and 66. Assume here that the fringe of the first illumination light for recording 63 and the fringe  
25 of the second illumination light for recording 64 intersect at points 67 and 68. The first illumination light for recording 63 and the second illumination light for recording 64 interfere

with each other in the rhombus area (in three-dimensional terms, the region having the shape of two cones whose bases are in contact with each other) 69 surrounded by the points 67, 68 and the points of convergence 65, 66. In this area 69, the  
5 interference between these two beams of light results in an interference pattern such as shown in FIG. 8, not an uniform light intensity distribution. Since the hologram material layer 33 lies in this area 69, interference patterns such as shown in FIG. 8 are successively recorded in the hologram  
10 material layer 33 when the output of the semiconductor laser 42 comes to have the recording power in accordance with the recording pulses. Incidentally, when the output of the semiconductor laser 42 is at the reading power, interference patterns such as shown in FIG. 8 will not be recorded in the  
15 hologram material layer 33 or will be recorded with extremely low contrast because the power is sufficiently low. This provides clear distinction in terms of intensity distribution from the interference patterns to be recorded under the recording power.

20 [0042] When the recording of information in the hologram material layer 33 is thus completed, the entire surface of the optical disk 1 is irradiated with ultraviolet rays of predetermined intensity, if necessary, so that all the interference patterns recorded in the hologram material layer  
25 33 are fixed.

[0043] Next, with reference to FIG. 9, the operation of the optical information recording/reproducing apparatus 10 and



the function of the optical disk 1 will be described for the case of reproducing information that is recorded in the hologram material layer 33 of the optical disk 1 as above. FIG. 9 shows the parts necessary for information reproduction, out of the configuration of the pick-up 15 shown in FIG. 6. At the time of reproduction of information, the shutter 53 is closed so that the optical disk 1 undergoes no illumination light from the convex lens 48. The timing controller 23 always sets the data selector 21 such that the output of the laser power control circuit 20 is inputted to the semiconductor laser 42. Consequently, the output of the semiconductor laser 42 is always controlled to the appropriate reading power by the laser power control circuit 20. As in information recording, the rotation speed of the optical disk 1 is controlled, the information recorded in the form of the emboss pits 34 is reproduced, the basic clock is reproduced, the focus servo is performed based on the focus error signal  $S_F$ , and the tracking servo is performed based the reproduction signal  $S_A$ .

[0044] The laser light having the reading power, emitted from the semiconductor laser 42, is collimated by the collimator lens 43 and impinges on the beam splitter 44. A part of the light is transmitted through the beam splitter 44, reflected by the beam splitter 45, transmitted through the beam splitter 46, collected by the objective lens 41, and projected onto the optical disk 1 as illumination light for reproduction. The position of the point of convergence of this illumination light for reproduction falls on the interface between the substrate

31 and the transparent dielectric layer 32, i.e., the position where the emboss pits 34 are formed. Like the first illumination light for recording 63, this illumination light for reproduction becomes diverging light in the hologram material layer 33. Here, when the illumination light for reproduction is projected onto a portion of the hologram material layer 33 where such an interference pattern as shown in FIG. 8 is recorded, the hologram material layer 33 generates information reproduction light, which is a lightwave having the same characteristics and travels in the same direction as the second illumination light for recording 64 does. This information reproduction light impinges on the objective lens 41. A part of the light is reflected by the beam splitter 46, is collimated by the concave lens 58, is collected by the condenser lens 59 to focus on the pinhole of the pinhole member 60, passes through this pinhole, and is converted into an electric signal by the photodetector 61 so that the reproduction signal  $S_b$  is outputted from the photodetector 61.

[0045] Incidentally, return light generated by the reflection of the illumination light for reproduction at the interface between the substrate 31 and the transparent dielectric layer 32 also impinges on the pinhole member 60. Since this return light becomes diverging light because of the concave lens 58, however, it will not converge on the pinhole of the pinhole member 60. Most of the light is blocked by the pinhole member 60, not reaching the photodetector 61.

[0046] Consequently, the information recorded in the

hologram material layer 33 of the optical disk 1 is exclusively reproduced as the reproduction signal  $S_B$ , independent of the information recorded in the form of the emboss pits 34.

[0047] To obtain read data  $D_R$  from the reproduction signal

5  $S_B$ , the changeover switch 24 is turned such that the reproduction signal  $S_B$  is inputted to the equalizer 25. The reproduction signal  $S_B$  is compensated for frequency characteristics by the equalizer 25 to remove intersymbol interference resulting from pieces of recording information lying apart in front and behind.  
10 The resultant is decoded into binary data in accordance with the amplitude of the reproduction signal  $S_B$  by the binary decoding circuit 26, converted into 8-bit data by the 8-bit conversion circuit 27, and finally subjected to error correction by the ECC decoding circuit 28, whereby the influence  
15 of defects or the like lying on the optical disk 1 is removed before the read data  $D_R$  is outputted.

[0048] Incidentally, as described above, information such as user data can be recorded in the sectoral sections between the servo information portions 35 of the optical disk 1 in the  
20 form of the emboss pits 34. To read the information thus recorded, the changeover switch 24 is turned such that the reproduction signal  $S_A$  is inputted to the equalizer 25. This makes it possible to obtain read data  $D_R$  based on the information recorded in the form of the emboss pits 34. Incidentally, in  
25 FIG. 1, only a single group of the equalizer 25, the binary decoding circuit 26, the 8-bit conversion circuit 27, and the ECC decoding circuit 28 is provided and either one of the

reproduction signal  $S_A$  and the reproduction signal  $S_B$  is selectively inputted to the equalizer 25 through the changeover switch 24. Nevertheless, the changeover switch 24 may be omitted while the equalizer 25, the binary decoding circuit 26, the 8-bit conversion circuit 27, and the ECC decoding circuit 28 are provided for each of the reproduction signal  $S_A$  and the reproduction signal  $S_B$  so that the read data resulting from the reproduction signal  $S_A$  and the read data resulting from the reproduction signal  $S_B$  are both obtained at the same time.

10 [0049] Moreover, while the present embodiment has dealt with the example of the optical information recording/reproducing apparatus 10 that is capable of both recording and reproducing information, an optical information reproducing apparatus for reproduction use only may be configured by using the pick-up excluding the optical system for recording as shown in FIG. 9.

[0050] As described above, according to the optical disk 1 and the optical information recording/reproducing apparatus 10 of the present embodiment, the optical disk 1 has the reproducing illumination light converging region (the interface between the substrate 31 and the transparent dielectric layer 32) located in the position corresponding to the point of convergence of converging illumination light for reproduction and the hologram material layer 33 serving as the information recording region where information is recorded 25 utilizing holography. When the optical disk 1 is illuminated with illumination light for reproduction having the point of

convergence on the reproducing illumination light converging region, the hologram material layer 33 generates information reproduction light having the point of convergence in a position different from that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in the depth direction. The illumination light for reproduction thus becomes small in diameter in the reproducing illumination light converging region. When information for positioning the illumination light for reproduction is recorded in the reproducing illumination light converging region in the form of emboss pits 34, for example, then it is possible to position the illumination light for reproduction with high precision. As a result, it becomes possible to make the spacing between pieces of recording information sufficiently small, which in turn makes it possible to achieve an optical information recording medium of high storage capacity. Moreover, even at the time of recording of information, the information recorded in the form of the emboss pits 34 is used to perform positioning of the first illumination light for recording. This makes it possible to position the first illumination light for recording with high precision.

[0051] Incidentally, to avoid interference between the information in the form of the emboss pits 34 and the information recorded in the hologram material layer 33, the position of the points of convergence of the illumination light for reproduction and the first illumination light for recording and the position of the points of convergence of the information

reproduction light and the second illumination light for recording are desirably spaced apart as wide as or wider than the depth of focus determined by the optical system of the pick-up 15.

5 [0052] Incidentally, the depth of focus refers to the range (distance) where the breadth of the image point falls within an acceptable value, or in short, the range (distance) where the focus can be considered generally established. For example, the depth of focus Z is expressed by the following equation (see  
10 G Bouwhuis et al., "Principles of Optical Disk Systems," Adam Hilger Ltd., p. 195). Here, (NA) is the numerical aperture of the condenser lens, and  $\lambda$  is the wavelength of the light source.

[0053]

[Eq. 1] 
$$Z = \pm \lambda / \{2(NA)^2\}.$$

15 [0054] Moreover, in the present embodiment, the illumination light for reproduction and the return light from the optical disk 1 are both passed through the objective lens 41, a common optical member. Because of this, when an optical information reproducing apparatus for reproduction use only is  
20 configured by using the pick-up excluding the optical system for recording as shown in FIG. 9, the optical system of the pick-up can be made small. This consequently allows miniaturization of the optical information reproducing apparatus.

25 [0055] In the present embodiment, during recording, the output of the semiconductor laser 42 is changed to modulate the intensities of both the first illumination light for recording

and the second illumination light for recording. However, the intensity of either one of the first illumination light for recording and the second illumination light for recording may be modulated using a shutter or the like.

5 [0056] Next, with reference to FIG. 10, description will be given of a second embodiment of the invention. An optical information recording/reproducing apparatus 10 according to the present embodiment uses a pick-up 70 having the configuration shown in FIG. 10 instead of the pick-up 15 shown  
10 in FIG. 6. This pick-up 70 is provided with: an actuator 71 for making the convex lens 48 of the pick-up 15 movable in the direction of the optical axis by using a step motor, for example; and an actuator 72 for making the concave lens 58 of the pick-up  
15 using a step motor, for example. The configuration is otherwise the same as that of the pick-up 15. The actuators 71 and 72 are controlled by the controller 29 in FIG. 1.

[0057] Next, description will be given of the operation of the optical information recording/reproducing apparatus 10  
20 according to the present embodiment. In the optical information recording/reproducing apparatus 10 according to the present embodiment, when the actuator 71 moves the convex lens 48 in the direction of the optical axis, the point of convergence of the second illumination light for recording  
25 moves in a direction of the depth of the optical disk 1. Thus, the actuator 71 can move the convex lens 48 in the direction of the optical axis to change the position of the point of

convergence of the second illumination light for recording so that different information can be recorded in the hologram material layer 33 position by position on a multiplex basis. [0058]

5 The information thus recorded on a multiplex basis is reproduced in the following way. When the optical disk 1 having the hologram material layer 33 in which information is recorded on a multiplex basis is illuminated with the illumination light for reproduction as in the first embodiment, the hologram material layer 33 generates a plurality of beams  
10 of information reproduction light which have the points of convergence at the same positions as those of the points of convergence of the second illumination light for recording at the time of recording of the information. The plurality of beams of information reproduction light pass through the  
15 objective lens 41, the beam splitter 46, the concave lens 58, and the condenser lens 59 to converge to different positions. Meanwhile, when the concave lens 58 is moved in the direction of the optical axis by the actuator 72, the position of the point of convergence of each beam of information reproduction light  
20 moves in the direction of the optical axis. Thus, when the actuator 72 moves the concave lens 58 in the direction of the optical axis such that one of the plurality of beams of information reproduction light selectively converges on the pinhole of the pinhole member 60, the one of the plurality of  
25 beams of information reproduction light can selectively reach the photodetector 61. It is thereby possible to obtain the reproduction signal  $S_p$  corresponding to that information



reproduction light.

[0059] To record information in the hologram material layer 33 on a multiplex basis, the positions of the points of convergence of the illumination light for recording for  
5 respective pieces of information are desirably spaced apart from each other as wide as or wider than the depth of focus determined by the optical system of the pick-up 70 in order to avoid interference between the respective pieces of information.

10 [0060] Thus, according to the present embodiment, information can be recorded in the hologram material layer 33 on a multiplex basis. It is therefore possible to enhance the storage capacity of the optical disk 1. The remainder of the configuration, operation, and effects of the present embodiment  
15 are the same as those of the first embodiment.

[0061] Next, with reference to FIG. 11, description will be given of a third embodiment of the invention. FIG. 11 shows the sectional configuration of an optical disk according to the present embodiment. The optical disk 80 according to the  
20 present embodiment is one in which the information recorded in the hologram material layer 33 of the optical disk 1 according to the first embodiment is recorded in the form of emboss pits. The optical disk 80 is composed of: a substrate 81 made of, e.g., polycarbonate; and a transparent dielectric layer 82 made of,  
25 e.g., silicon nitride having a refractive index different from that of the substrate 31, a photoresist layer 83, and a reflective layer 84 made of, e.g., aluminum which are formed

on one side of the substrate 81 in this order. The substrate 81 is formed by injection molding, for example. As with the optical disk 1 according to the first embodiment, emboss pits 85 corresponding to predetermined information are formed in advance on the surface of the substrate 81 facing the transparent dielectric layer 82. In addition, emboss pits 86 corresponding to other predetermined information are formed in advance on the interface between the photoresist layer 83 and the reflective layer 84. These emboss pits 86 are formed into a pattern calculated by a calculator or the like in advance such that when illumination light for reproduction is projected thereto, they exert the same optical effects as when the hologram material layer 33 of the optical disk 1 according to the first embodiment is spatially exposed for interference patterns such as shown in FIG. 8 on a multiplex basis. The emboss pits 86 can be formed on the photoresist layer 83, for example, by applying a photoresist onto the transparent dielectric layer 82 and exposing a predetermined pattern calculated by the calculator or the like as described above, followed by development. Alternatively, the emboss pits 86 may be formed by using a ultraviolet curing resin instead of the photoresist layer 83. Here, the ultraviolet curing resin is filled into between the transparent dielectric layer 82 and a stamper for transcribing the emboss pits 86, and the ultraviolet curing resin is cured by the irradiation with ultraviolet rays. The reflective layer 84 is formed by vacuum deposition or sputtering, for example. The optical disk 80 of the present

embodiment, fabricated in this way, makes an optical information recording medium of read only type. The method of reproducing information from the optical disk 80 according to the embodiment is the same as that of the first embodiment.

5 [0062] According to the optical disk 80 of the present embodiment, the information recorded in both of the two layers is recorded in the form of emboss pits. It is therefore possible to mass-produce the optical disk 80 by using an injection molding system or the like. The remainder of the configuration,  
10 operation, and effects of the present embodiment are the same as those of the first embodiment except in the operation and function in information recording.

[0063] Next, with reference to FIG. 12 through FIG. 14, description will be given of a fourth embodiment of the  
15 invention. The present embodiment is one in which information is recorded in the hologram material layer 33 of the optical disk 1 of the first embodiment by using second illumination light for recording which is spatially modulated in intensity in accordance with the information to be recorded. An optical  
20 information recording/reproducing apparatus according to the present embodiment has a quadruple shutter 91 as shown in FIG. 12 instead of the shutter 53 of the pick-up 15 shown in FIG. 6. This shutter 91 has four regions 91a-91d each having a square shape, and is capable of selecting either a transmitting state  
25 or a blocking state for each of the regions 91a-91d separately. This shutter 91 may be made of a liquid crystal device, for example.

[0064] The optical information recording/reproducing apparatus according to the present embodiment also has a quadruple photodetector 92 as shown in FIG. 13 instead of the photodetector 61 shown in FIG. 6. This quadruple photodetector 92 has four light-receiving portions 92a-92d each having a square shape. The output signals of the respective light-receiving portions 92a-92d are successively selected by a multiplexer 93 and outputted as the reproduction signal  $S_b$  in a time-series fashion.

10 [0065] FIG. 14 is a block diagram showing the configuration of the optical information recording/reproducing apparatus according to the present embodiment. The optical information recording/reproducing apparatus 95 according to the present embodiment is the optical information recording/reproducing apparatus 1 shown in FIG. 1, in which a laser power control circuit 96 for controlling the output of the semiconductor laser 42 to appropriate recording power is provided anew. The data selector 21 selects either the output of the laser power control circuit 20 or the output of the laser power control circuit 92 and supplies the same to the semiconductor laser 42. The optical information recording/reproducing apparatus 95 also has a shutter driving circuit 97 for driving the shutter 91, instead of the recording pulse generating circuit 19 in the optical information recording/reproducing apparatus 1 shown in FIG. 1. In the present embodiment, the data conversion circuit 18 converts the output data of the ECC adding circuit 18 into 4-bit data. Based on the 4-bit data outputted from the data

15

20

25

conversion circuit 18, the shutter driving circuit 97 controls the four regions 91a-91d of the shutter 91 so that the light passing through the shutter 91 has different spatial intensity distributions depending on the contents of the data.

5 [0066] Next, description will be given of the operation of the optical information recording/reproducing apparatus 95 according to the present embodiment. Initially, to record information on the optical disk 1, the timing controller 23 switches the data selector 21 to the laser-power-control-  
10 circuit-96 side while the illumination light passes the areas other than the servo areas. The output of the semiconductor laser 42 is thereby controlled to appropriate recording power while the illumination light passes the areas other than the servo areas. Write data  $D_w$  is given error-correcting codes by  
15 the ECC adding circuit 17 and converted into 4-bit data by the data conversion circuit 18. Based on this data, the shutter control circuit 97 controls the four regions 91a-91d of the shutter 91. As a result, the laser beam passing through the shutter 91 is spatially modulated in intensity in accordance  
20 with the contents of the 4-bit data. As in the first embodiment, the laser light thus modulated in intensity is projected onto the optical disk 1 as the second illumination light for recording, so that an interference pattern occurring from interference with the first illumination light for recording  
25 is recorded in the hologram material layer 33. Thus, in the present embodiment, it is possible to record 4-bit data in the hologram material layer 33 in the form of a single interference

pattern.

[0067] To reproduce information from the optical disk 1, the controller 29 controls the shutter driving circuit 97 to close all the four regions 91a-91d of the shutter 91. The timing  
5 controller 23 always sets the data selector 21 so that the output of the laser power control circuit 20 is inputted to the semiconductor laser 42. Consequently, the output of the semiconductor laser 42 is always controlled to the appropriate reading power by the laser power control circuit 20. The laser  
10 light having the reading power, emitted from the semiconductor laser 42, is projected onto the optical disk 1 from the objective lens 41 as the illumination light for reproduction. When illuminated with this illumination light for reproduction, the hologram material layer 33 generates information reproduction  
15 light, which is a lightwave having the same characteristics and travels in the same direction as the second illumination light for recording at the time of recording of the information does. In the present embodiment, this information reproduction light is spatially modulated in intensity as the second illumination  
20 light for recording used at the time of recording. This information reproduction light passes through the objective lens 41, the beam splitter 46, the concave lens 58, the condenser lens 59, and the pinhole of the pinhole member 60, and is received by the quadruple photodetector 92 shown in FIG. 13. Here, the  
25 light-receiving portions 92a-92d of the quadruple photodetector 92 are situated so as to receive the parts corresponding to the light having passed through the regions

91a-91d of the shutter 91, respectively. It is therefore possible to detect the intensity distribution of the information reproduction light from the output signals of the individual light-receiving portions 92a-92d of the quadruple photodetector 92, and this allows reproduction of 4-bit data recorded in the hologram material layer 33. The output signals of the respective light-receiving portions 92a-92d of the quadruple photodetector 92 are successively selected by the multiplexer 93, outputted as the reproduction signal  $S_b$  in a time-series fashion, and inputted to the equalizer 25.

[0068] As described above, according to the present embodiment, information is recorded by spatially modulating the intensity of the second illumination light for recording, through the use of 4-bit data. It is therefore possible to increase the storage capacity by four times as compared with the first embodiment. While in the present embodiment the second illumination light for recording is spatially modulated in intensity by using 4-bit data, it may be spatially modulated in intensity by using data of a different number of bits such as two bits and eight bits. In such cases, a shutter and a photodetector corresponding to the number of bits are used instead of the shutter 91 and the quadruple photodetector 92, respectively. The remainder of the configuration, operation, and effects of the present embodiment are the same as those of the first embodiment.

[0069] The invention is not limited to the embodiments described above. For example, the method of focus servo is not

limited to the astigmatic method but may be other methods such as a knife-edge method. As for the method of tracking servo, other methods such as a push-pull method and a three beam method may be used. Moreover, the information recorded in the form of emboss pits in the embodiments has only to record changes in optical characteristics such as a reflectivity and a refractive index. Thus, it may be recorded by using phase changes instead of the emboss pits.

[0070]

10 [Effect of the Invention] As described above, the optical information recording medium according to any one of claims 1 to 6 comprises: a reproducing illumination light converging region provided in a position corresponding to the point of convergence of converging illumination light for reproduction; and an information recording region for generating information reproduction light having the point of convergence in a position different from that of the point of convergence of the illumination light for reproduction in a depth direction when illuminated with the illumination light for reproduction, the information recording region being provided in a position different from that of the reproducing illumination light converging region in the depth direction. The illumination light for reproduction thereby becomes small in diameter in the reproducing illumination light converging region.

20

25 Accordingly, by performing a positioning of the illumination light for reproduction in the reproducing illumination light converging region, it is possible to achieve a precise



positioning of the same. As a result, it is possible to achieve a greater storage capacity.

[0071] Moreover, in the optical information recording medium according to claim 4, the information recording region  
5 generates a plurality of beams of information reproduction light having the points of convergence in different positions in the depth direction. This produces an advantageous effect that it is possible to enhance the storage capacity in addition to the advantageous effects of the optical information  
10 recording medium according to claim 1.

[0072] Moreover, in the optical information recording medium according to claim 5, the information recording region is provided with pits and projections for generating the information reproduction light when illuminated with the  
15 illumination light for reproduction. This produces an advantageous effect that it is possible to mass-produce the optical information recording medium in addition to the advantageous effects of the optical information recording medium according to claim 1.

20 [0073] Moreover, in the optical information recording medium according to claim 6, the information recording region generates information reproduction light that is spatially modulated in intensity in accordance with the information recorded. This produces an advantageous effect that it is  
25 possible to enhance the storage capacity in addition to the advantageous effects of the optical information recording medium according to claim 1.

[0074] The optical information reproducing apparatus according to any one of claims 7 to 11 comprises: reproducing illumination light illuminating means for illuminating an optical information recording medium including a reproducing illumination light converging region and an information recording region with illumination light for reproduction that converges on the reproducing illumination light converging region; and information reproducing means for reproducing information by detecting return light from the optical information recording medium, the return light including information reproduction light obtained when the reproducing illumination light illuminating means illuminates the optical information recording medium with the illumination light for reproduction. The illumination light for reproduction thereby becomes small in diameter in the reproducing illumination light converging region. Accordingly, by performing a positioning of the illumination light for reproduction in the reproducing illumination light converging region, it is possible to achieve a precise positioning of the same.

[0075] Moreover, in the optical information reproducing apparatus according to claim 9, the reproducing illumination light illuminating means and the information reproducing means have a common optical member to be used to converge the illumination light for reproduction on the reproducing illumination light converging region and to receive the return light from the optical information recording medium. This produces an advantageous effect that it is possible to achieve

a small configuration of the optical system in addition to the advantageous effects of the optical information reproducing apparatus according to claim 7.

[0076] Moreover, in the optical information reproducing apparatus according to claim 10, the information recording region of the optical information recording medium generates a plurality of beams of information reproduction light having the points of convergence in different positions in the depth direction, and the information reproducing means has selecting means for selectively detecting one of the plurality of beams of information reproduction light. This produces an advantageous effect that it is possible to reproduce information from an optical information recording medium of greater storage capacity, in addition to the advantageous effects of the optical information reproducing apparatus according to claim 7.

[0077] Moreover, in the optical information reproducing apparatus according to claim 11, the information recording region of the optical information recording medium generates information reproduction light that is spatially modulated in intensity in accordance with the information recorded, and the information reproducing means reproduces information based on the intensity distribution of the information reproduction light. This produces an advantageous effect that it is possible to reproduce information from an optical information recording medium of greater storage capacity, in addition to the advantageous effects of the optical information reproducing

apparatus according to claim 7.

[0078]       The optical information recording apparatus according to any one of claims 12 to 14 comprises: recording illumination light illuminating means for illuminating an optical information recording medium including a reproducing illumination light converging region and an information recording region with first illumination light for recording that has the point of convergence in the same position as the point of convergence of illumination light for reproduction in the depth direction and second illumination light for recording that has the point of convergence in a position different from that of the point of convergence of the first illumination light for recording in the depth direction; and modulating means for modulating the intensity of at least either one of the first illumination light for recording and the second illumination light for recording projected by the recording illumination light illuminating means. The illumination light for reproduction and the first illumination light for recording thereby become small in diameter in the reproducing illumination light converging region. Accordingly, by performing a positioning of the first illumination light for recording in the reproducing illumination light converging region, it is possible to achieve a precise positioning of the illumination light for recording.

25 [0079]       Moreover, in the optical information recording apparatus according to claim 13, the recording illumination light illuminating means has convergence point position

changing means that is capable of changing the position of the point of convergence of the second illumination light for recording in the depth direction. This produces advantageous effects that it is possible to record information in the information recording region on a multiplex basis and that it is thereby possible to enhance the storage capacity of the optical information recording medium, in addition to the advantageous effects of the optical information recording apparatus according to claim 12.

10 [0080] In the optical information recording apparatus according to claim 14, the recording illumination light illuminating means projects second illumination light for recording that is spatially modulated in intensity in accordance with the information to be recorded. This produces an advantageous effect that it is possible to enhance the storage capacity of the optical information recording medium, in addition to the advantageous effects of the optical information recording apparatus according to claim 12.

[Brief Description of the Drawings]

20 [FIG. 1] A block diagram showing the configuration of an optical information recording/reproducing apparatus according to a first embodiment of the invention.

[FIG. 2] An explanatory diagram showing the sectional configuration of the optical disk according to the first embodiment of the invention.

25 [FIG. 3] An explanatory diagram for explaining emboss pits in the optical disk according to the first embodiment of the

invention.

[FIG. 4] An explanatory diagram for explaining the emboss pits in the optical disk according to the first embodiment of the invention.

5 [FIG. 5] An explanatory diagram showing an example of the format of track information to be recorded in the address information portions in FIG. 4.

[FIG. 6] An explanatory diagram showing the configuration of the pick-up in FIG. 1.

10 [FIG. 7] An explanatory diagram showing the relationship between first illumination light for recording and second illumination light for recording in the optical information recording/reproducing apparatus according to the first embodiment of the invention.

15 [FIG. 8] An explanatory diagram showing an interference pattern as a result of interference between the first illumination light for recording and the second illumination light for recording shown in FIG. 7.

[FIG. 9] An explanatory diagram showing the parts necessary  
20 for information reproduction, out of the configuration of the pick-up shown in FIG. 6.

[FIG. 10] An explanatory diagram showing the configuration of a pick-up in an optical information recording/reproducing apparatus according to a second embodiment of the invention.

25 [FIG. 11] An explanatory diagram showing the sectional configuration of an optical disk according to a third embodiment of the invention.

[FIG. 12] An explanatory diagram showing a shutter in an optical information recording/reproducing apparatus according to a fourth embodiment of the invention.

[FIG. 13] An explanatory diagram showing a quadruple  
5 photodetector for detecting a reproduction signal  $S_b$  in the optical information recording/reproducing apparatus according to the fourth embodiment of the invention.

[FIG. 14] A block diagram showing the configuration of the optical information recording/reproducing apparatus according  
10 to the fourth embodiment of the invention.

[FIG. 15] An explanatory diagram showing the configuration of a conventional holographic optical memory system.

[Description of Reference Numerals]

1 ... optical disk, 10 ... optical information  
15 recording/reproducing apparatus, 15 ... pick-up, 31 ... substrate,  
32 ... transparent dielectric layer, 33 ... hologram material layer,  
34 ... emboss pit, 41 ... objective lens, 42 ... semiconductor laser,  
48 ... convex lens, 56 ... quadruple photodetector, 60 ... pinhole  
member, 61 ... photodetector

20

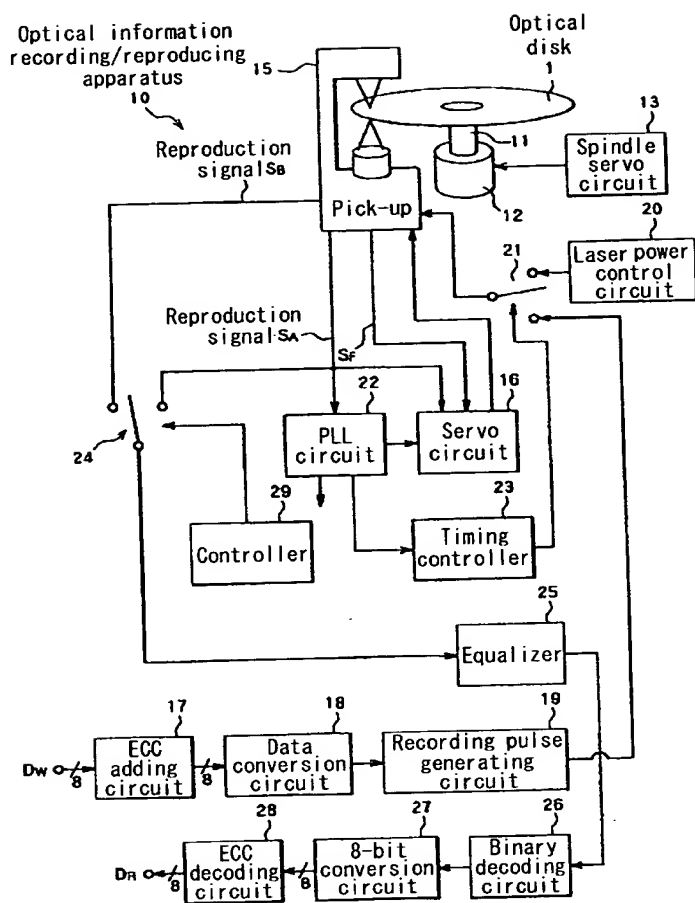


FIG. 1

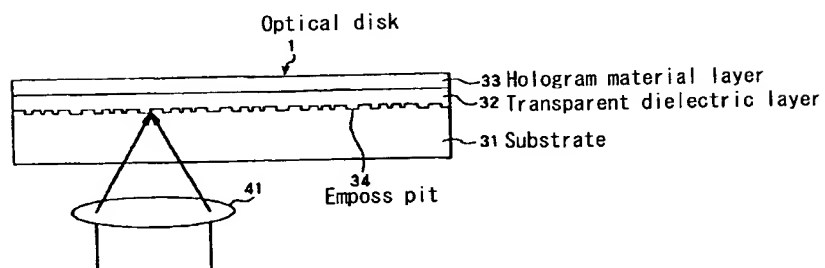


FIG. 2



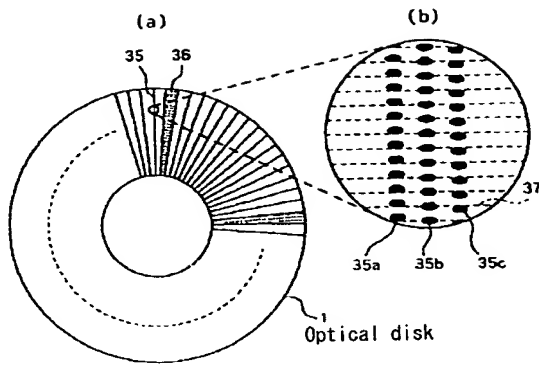


FIG. 3

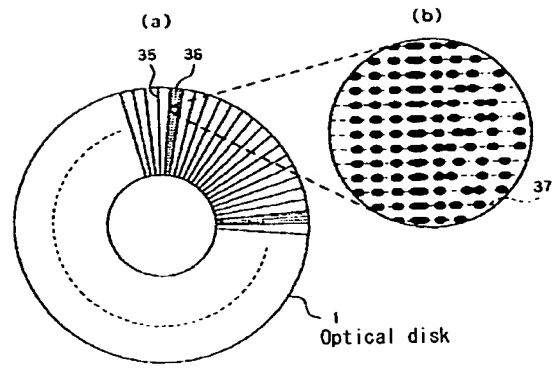


FIG. 4

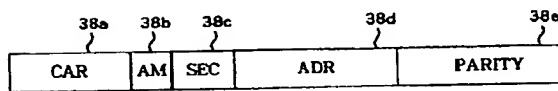


FIG. 5

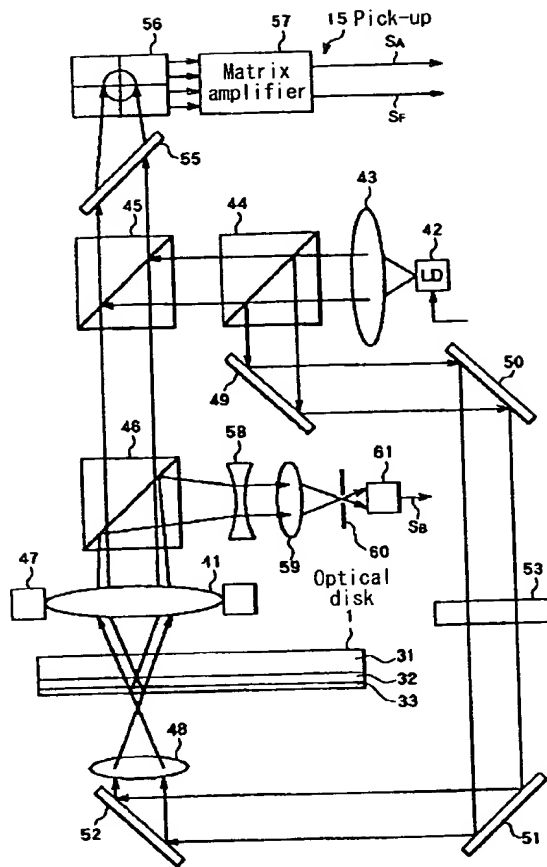


FIG. 6

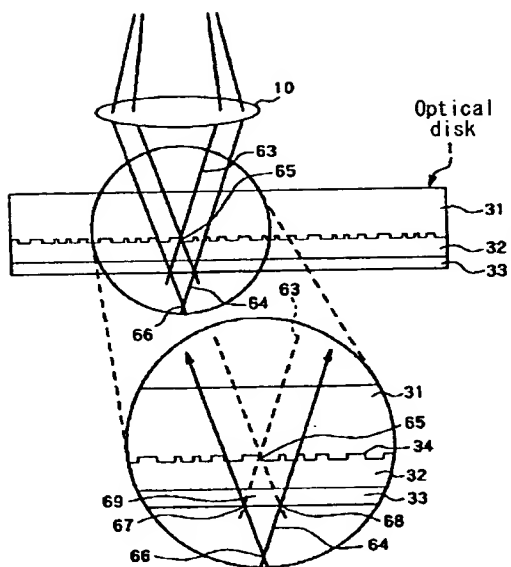


FIG. 7

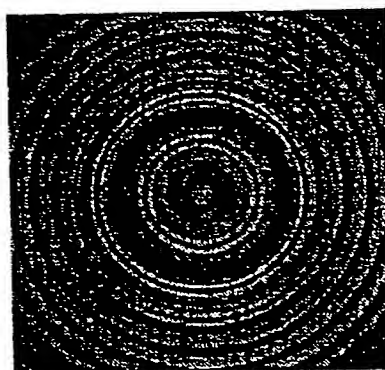


FIG. 8

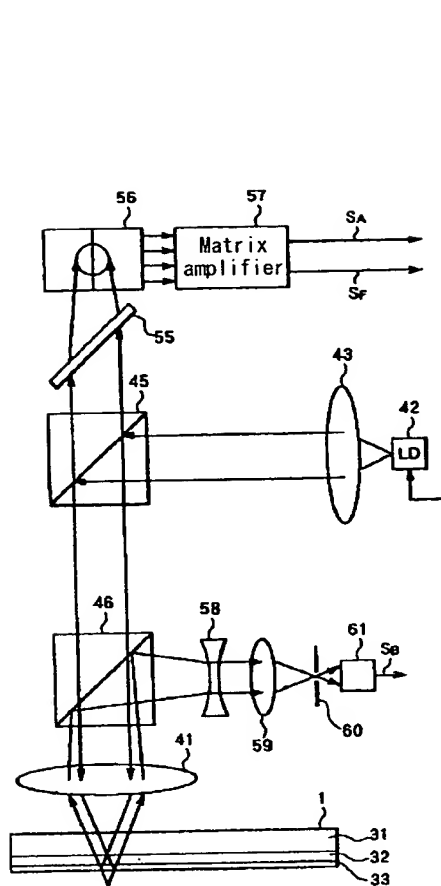


FIG. 9

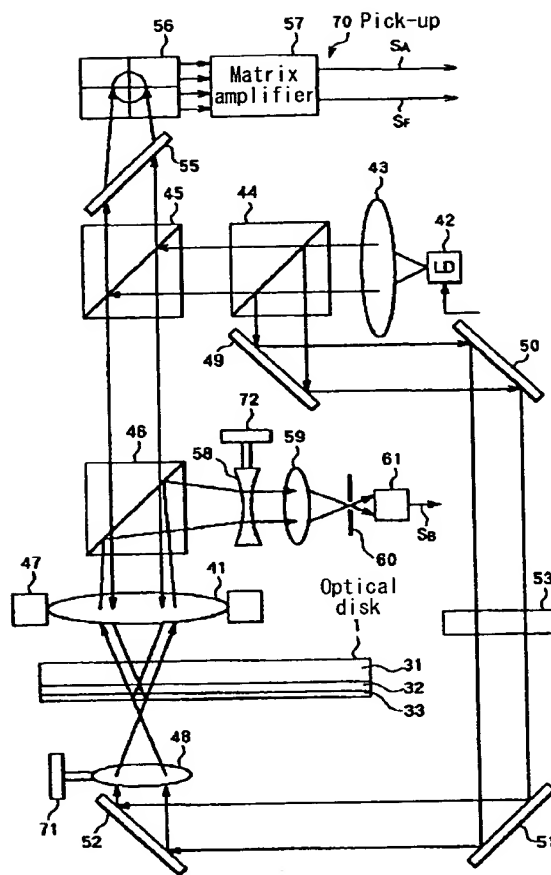


FIG. 10

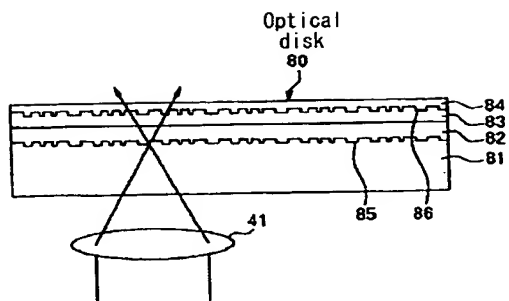


FIG. 11

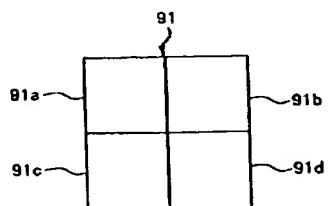


FIG. 12

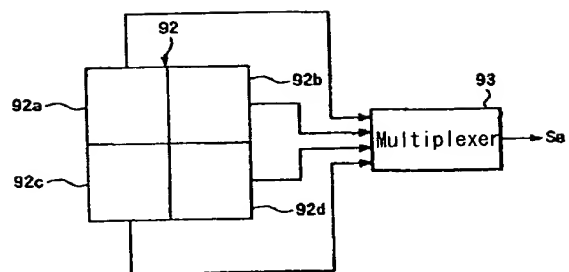


FIG. 13

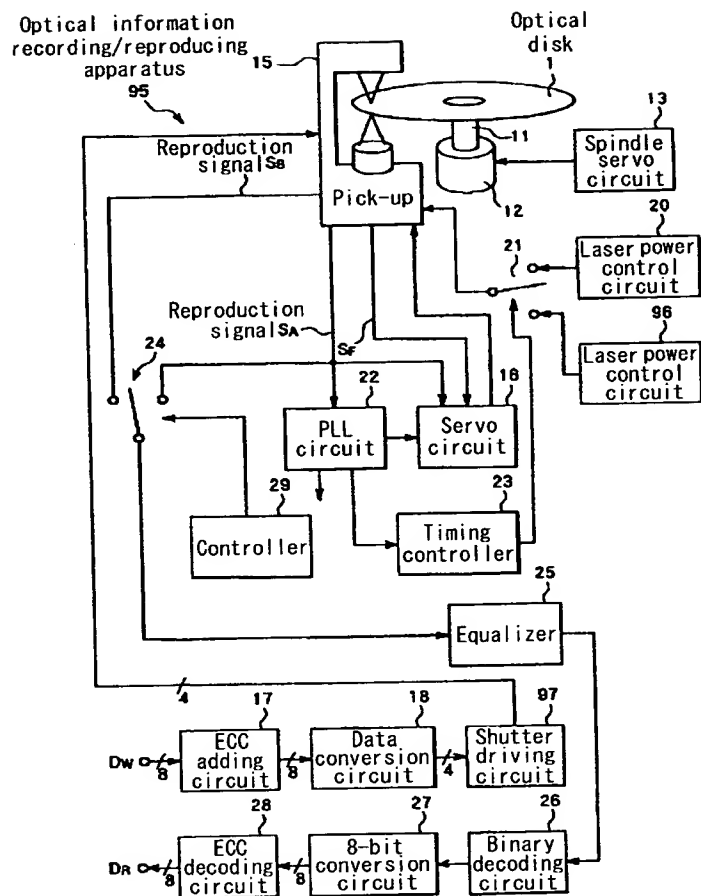


FIG. 14

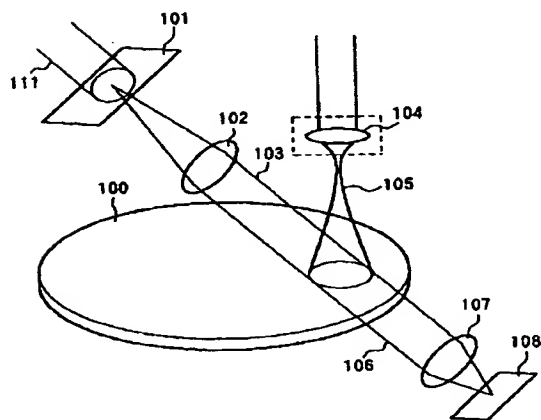


FIG. 15